



UFRJ

**ESTUDO DO DESGASTE DENTÁRIO DE NOTOUNGULADOS (MAMMALIA) DA
BACIA DE SÃO JOSÉ DE ITABORAÍ, RIO DE JANEIRO (ITABORAENSE)**

Bruno de Aquino Alves

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de Mestre em Ciências (Geologia).

Orientador:

Dra. Lílian Paglarelli Bergqvist

Rio de Janeiro
Abril de 2012

**ESTUDO DO DESGASTE DENTÁRIO DE NOTOUNGULADOS (MAMMALIA) DA
BACIA DE SÃO JOSÉ DE ITABORAÍ, RIO DE JANEIRO (ITABORAIENSE)**

Bruno de Aquino Alves

Orientador: Dra. Lílian Paglarelli Bergqvist

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Geologia).

Aprovada por:

Presidente: D. S.c Maria Dolores Wanderley
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

D.Sc. Leonardo dos Santos Avilla
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

D.Sc. Fernando Antonio do Santos Fernandez
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Rio de Janeiro
Abril de 2012

Alves, Bruno de Aquino

Estudo do desgaste dentário de notoungulados (Mammalia) da Bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro (Itaboraiense) / Bruno de Aquino Alves.

- Rio de Janeiro : UFRJ/IGEO, 2012.

xiv, 95f: il. ; 31 cm.

Orientador: Lílian Paglarelli Bergqvist

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, 2012.

Referências: 67-81

1. Paleontologia. 2. Microdesgaste dentário. 3. Notoungulata. I. Bergqvist, Lilian Paglarelli. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia. III. Título

“Dedico esta dissertação a minha mãe Marízia J. de Aquino, que sem ela este trabalho não teria ocorrido; ao meu pai José Theodoro, que me deu muito apoio em todos os momentos da minha vida; à minha noiva Vanessa Tinoco, que sempre esteve ao meu lado e nunca mediu esforços para me ajudar e aos meus amigos que estiveram comigo mesmo nos piores momentos. Obrigado por tudo!”

Agradecimentos

À minha orientadora, Dr^a Lílian Paglarelli Bergqvist (Universidade Federal do Rio de Janeiro), por suas orientações e ensinamentos recebidos durante todo o período do mestrado e por fazer um sonho se tornar realidade.

Aos amigos e companheiros integrantes do Laboratório de Macrofósseis (IGEO/UFRJ) pelo companherismo e troca de idéias e experiências, em especial à M.Sc. Carla Terezinha Serio Abranches, por toda ajuda e apoio ao longo desses anos.

À Vanessa Rodrigues Tinoco, por todo o seu suporte matemático e ajuda com a parte estatística deste trabalho, sem sua ajuda muitos dados poderiam estar simplesmente perdidos.

Ao Dr. Florent Rivals e ao Dr. Leonardo dos Santos Ávilla (UNIRIO), por todos os e-mails e conversas ao longo desse tempo todo tirando várias das minhas dúvidas.

Ao Dr. Peter Ungar por ter me cedido o programa Microware 4.0, sem o qual não seriam possíveis as análises de microdesgaste, além de toda orientação e ajuda sobre como conduzir as análises.

Aos curadores e responsáveis pelas coleções do Museu Nacional do Rio de Janeiro (MN/UFRJ) e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) por cederem o material para a realização deste trabalho.

Ao laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânicas (LAFO – UFRJ) pela ajuda na preparação do material.

A Dr^a Pennilyn Higgins do *Stable Isotopes Ratios in the Environment*, por todo auxílio prestado para a realização das análises Isotópicas.

Ao Laboratório Multiusuário de Caracterização de Materiais (LMCM, pela realização das análises de difratometria de raios-x e ao Laboratório Multiusuário de Microscopia Eletrônica e Microanálise, pelas fotos em MEV, ambos do Programa de Engenharia Metalúrgica em de Materiais (PEMM).

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

À Coordenação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

"Acontece que um homem não atinge a condição de Galileu simplesmente por ter sido perseguido; ele também precisa estar certo."

Stephen Jay Gould

Resumo

A maioria das espécies de notungulados foi descrita principalmente a partir de material dentário, em geral, muito desgastado. Estudos anteriores mostraram que na espécie *Colbertia magellanica*, da Bacia de Itaboraí, há uma grande incidência de dentes com altos níveis de desgaste dentário, o que pode tornar difícil a identificação correta do material. O objetivo deste trabalho é inferir os possíveis hábitos alimentares dos notungulados e entender os processos que promovem esse desgaste, através do estudo das diferentes espécies de notungulados de Itaboraí – *Itaboraitherium atavum*, *Othnielmarshia pristina* e *C. magellanica*. Os desgastes dentários de *Itaboraitherium atavum* e *Othnielmarshia pristina* foram analisados macroscopicamente, e além delas *C. magellanica* também teve seu microdesgaste avaliado. Para uma melhor interpretar essas análises foi feita uma comparação com outros ungulados da bacia, que foram selecionados conforme sua dentição, sendo elas *Paranisolambda prodromus* (dentição lofodonte como os notungulados) e *Paulacoutoia protocenica* (dentição bunodont), para que dessa forma fosse eliminada a influência da morfologia dentária na análise. Além destas análises, foram feitas comparações com relação à via metabólica da paleoflora através da análise isotópica de carbono e da composição do esmalte através de difratometria de raios-x. A análise de carbono apresentou valores muito próximos para todas as espécies analisadas indo de -8,1 a -8,6, o que evidenciou a presença de vegetais com via metabólica do tipo C3. Através da difratometria de raios-x foi possível determinar que os minerais predominantes em *C. magellanica* e *P. prodromus* são a hidroxiapatita e calcita. A análise macroscópica mostrou que os notungulados possuem uma incidência de desgaste maior que as espécies utilizadas para comparação. Por fim, a análise microscópica mostrou uma predominância de marcas do tipo arranhão (>50%) em *I. atavum*, *O. pristina*, *C. magellanica* e a despeito de sua morfologia dentária, *P. protocenica* se agrupou junto com os notungulados. Porém *P. prodromus* apresentou uma densidade de arranhões e de perfurações equivalentes. Com esses resultados podemos notar que o maior desgaste macroscópico se deve principalmente à dieta, uma vez que as espécies que apresentam maior exposição de dentina são aquelas com maior densidade de arranhões, que é indicativo de uma alimentação abrasiva. Foi possível notar que nem a composição do esmalte nem a posição das bandas de Hunter-Schreger tem influência no desgaste presente nos notungulados. Essa alimentação abrasiva é sustentada pela presença de Poaceae (C3), uma produtora de fitólitos, na bacia, e uma vez que esse grupo botânico fosse incluído na alimentação, causaria o alto desgaste encontrado.

Palavras-chave: Notungulata 1; Desgaste dentário 2; Bacia de Itaboraí 3.

Abstract

The notoungulates species are described mainly from dental materials, and they were generally much worn. Previous studies showed that there is a high incidence of teeth with high levels of tooth wear the specie *Colbertia magellanica*, from Itaboraí Basin, which can make difficult a correct identification of the material. The objective of this study is to understand the processes that promote this wear, using different species of notoungulates from Itaboraí - *Itaboraitherium atavum*, *Othnielmarshia pristina* and *C. magellanica* - The tooth wear of *I. atavum* and *O. pristina* were analyzed macroscopically and microscopically, and *C. magellanica* was analyzed microscopically too. To a better interpret of these analyzes it was compared with other ungulates according to your theeth, they are *Paranisolambda prodromus* (lofodont teeth as notoungulates) and *Paulacoutoia protocenica* (bonodont teeth) , thus to be eliminated the influence of the tooth morphology in the analysis. In addition to these analyzes, comparisons were made, with respect to the metabolic pathway of paleoflora analyzing carbon isotopic and the composition of enamel using x-ray diffraction. The carbon isotope analyze showed a result very similar to all especies estudied, the value were between -8,1 a -8,6, that represents a C3 pathway plants. By the x-ray diffraction was possible to determine the minerals predominat in *C. magellanica* e *P. prodromus*, they are hydroxyapatite and calcite. With the macroscopic analysis was possible to determine that the notoungulates have more worn tooth than the comparison species. Finally the microscopic analysis showed a predominance of scratch marks on the type (> 50%) of *I. atavum*, *O. pristina*, *C. magellanica* and regardless of your dental morphology, *P. protocenica* was agruped with the notoungulates. On the other hand *P. prodromus* has and an equivalent density of scratches and pits. With these results were note that the the major macroscopic wear is mainly due to diet, since that present the greatest exposure of dentin are those with high density of scratches, which is indicative of an abrasive diet. Was possible to note the the composition of the enamel and the Hunter-Schreger bands have no influences on the worn present in notoungulates. The abrasive diet was sustainend by the presence of Poaceae (C3), a phytolith maker, in the basin, and since this botanic group is included in the diet, would produce a high worn found.

Keywords: Notoungulate 1; tooth wear 2; Itaboraí Basin 3.

Lista de Figuras

Figura 1: <i>Fragmento de maxila esquerdo de Colbertia magellanica (DGM 357M) com P1-M3, em vista oclusal, mostrando a diastema entre P1-2. Escala =10mm. Foto de Adriana Moreira.</i>	4
Figura 2: <i>M2E de Itaboraitherium atavum (MN 340IV), em vista oclusal, mostrando a fossa principal bifurcada em Y. Escala = 5mm. Foto de Adriana Moreira.</i>	6
Figura 3: <i>Fragmento de maxila direito de Othnielmarshia pristina (DGM 400M), em vista oclusal. Escala = 10mm. Foto de Adriana Moreira.</i>	6
Figura 4: <i>Fragmento de maxila direita com M2-3 de Paraniolambda prodromus (DGM 310M), em vista oclusal. Retirado de Bergqvist et al. (2006). Escala =10mm. Foto de Adriana Moreira.</i>	12
Figura 5: <i>Fragmento de maxila esquerda com P4-M3 de Paulacoutoia protocenica (DGM 968M), em vista oclusal. Escala = 10mm. Foto de Adriana Moreira.</i>	13
Figura 6: <i>Imagem tratada no Microwear 4.02: em vermelho estão as marcações realizadas a partir da observação do microdesgaste. (DGM 400M, em aumento de 500X).</i>	16
Figura 7: <i>Localização geográfica da Bacia de São José de Itaboraí. Retirado de Bergqvist et al. (2006).</i>	20
Figura 8: <i>Vista área da área do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí. Retirado de Bergqvist et al. (2008).</i>	21
Figura 9: <i>Mapa geológico da Bacia de Itaboraí. Retirado de Bergqvist et al. (2006).</i>	22
Figura 10: <i>Coluna cronoestratigráfica da Bacia de Itaboraí. Retirado de Bergqvist et al. (2006).</i>	23
Figura 11: <i>Tabela geocronológica mostrando as diversas SALMAs. Retirado de Bergqvist et al. (2006).</i>	24
Figura 12: <i>Padrão de desgaste de Colbertia magellanica. Escala = 5mm. Modificado de Aquino (2010).</i>	27
Figura 13: <i>M2E de Itaboraitherium atavum (MN 304IV), em vista oclusal, com destaque para a ilha mediolingual em Y. Escala = 5mm.</i>	28
Figura 14: <i>M1 e 2D de Othnielmarshia pristina (DGM 400M), em vista oclusal, com destaque para a ilha mediolingual. Escala =5mm.</i>	28
Figura 15: <i>M2D de Paraniolambda prodromus (DGM 1418M), em vista oclusal, sem apresentar desgaste. Escala =5mm.</i>	29
Figura 16: <i>M2E de Paraniolambda prodromus (MN 1478V), em vista oclusal, com desgaste entre as cúspides vestibulares indicado por seta. Escala =5mm.</i>	29
Figura 17: <i>M2D de Paraniolambda prodromus (DGM 1421M), em vista oclusal, com desgaste no protolofo e parástilo indicado por seta. Escala =5mm.</i>	30
Figura 18: <i>M2E de Paraniolambda prodromus (DGM 273M), com desgaste no metacone e no crochê, indicados com as setas. Escala =5mm.</i>	30
Figura 19: <i>M2D de Paraniolambda prodromus, (DGM 310M), em vista oclusal, com formação da primeira ilha de esmalte. Seta indicando hipocône desgastado. Escala =5mm.</i>	31
Figura 20: <i>M1D de Paraniolambda prodromus, (DGM 310M), em vista oclusal, com redução da ilha central e surgimento da ilha distal. Escala =5mm.</i>	31

Figura 21: Gráfico de setores, mostrando a distribuição das classes para <i>P. prodromus</i>	32
Figura 22: M2E de <i>Paulacoutoia protocenica</i> (MN 1458V), em vista oclusal, sem apresentar desgaste. Escala=5mm.	33
Figura 23: M2D de <i>Paulacoutoia protocenica</i> (MN 1454V), em vista oclusal, com desgaste na região labiodistal indicado pelas setas. Escala =5mm.	33
Figura 24: M2D de <i>Paulacoutoia protocenica</i> (MN 1453V), em vista oclusal, com desgaste no metacone e metacônuo, indicados pelas setas. Escala =5mm.	34
Figura 25: M2D de <i>Paulacoutoia protocenica</i> (MN 1462V), em vista oclusal, com desgaste no hipocôno indicado pela seta. Escala =5mm.	34
Figura 26: M2D de <i>Paulacoutoia protocenica</i> (MN 1455V), em vista oclusal, evidenciando a formação de uma “bacia” de dentina. Escala =5mm.	35
Figura 27: M2E de <i>Paulacoutoia protocenica</i> (DGM 968M), em vista oclusal, com resquílios de esmalte na região distal. Escala =5mm.	35
Figura 28: Gráfico de setores, mostrando a distribuição das classes para <i>P. protocenica</i>	36
Figura 29: Foto em MEV da região do paracone do M2 de <i>Colbertia magellanica</i> , com aumento de 500x.	38
Figura 30: Foto em MEV da região do paracone do M2 de <i>Itaboraitherium atavum</i> , com aumento de 500x.	39
Figura 31: Foto em MEV da região do paracone do M2 de <i>Othnielmarshia pristina</i> , com aumento de 500x.	39
Figura 32: Foto em MEV da região do paracone do M2 de <i>Paranisolambda prodromus</i> , com aumento de 500x.	40
Figura 33: Foto em MEV da região do paracone do M2 de <i>Paulacoutoia protocenica</i> , com aumento de 500x.	40
Figura 34: Gráfico de barras com médias de perfurações.	41
Figura 35: Gráfico de barras com médias de arranhões.	41
Figura 36: Gráfico de dispersão entre a média de perfurações/médias de arranhões.	43
Figura 37: Gráfico de dispersão entre a densidade de perfurações (mm ²)/densidade de arranhões (mm ²).	43
Figura 38: Média do comprimento dos arranhões, em micron.	44
Figura 39: Média da largura dos arranhões, em micron.	44
Figura 40: Diagrama de dispersão bivariado, linha de tendência dos ramoneadores (Fonte: Mainland, 1998; Solounias et al., 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino et al., 2011a e Aquino et al., 2011b)	47
Figura 41: Gráfico de barras de densidades/mm ² (Fonte: Mainland, 1998; Solounias et al., 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino et al., 2011a e Aquino et al., 2011b).	48
Figura 42: Gráfico de efeitos (ANOVA).	50
Figura 43: Difratoograma de <i>Colbertia magellanica</i>	52
Figura 44: Difratoograma de <i>Paranisolambda prodromus</i>	52

- Figura 45: *Gráfico de setores, com percentual de desgaste do M1, com Pouco desgaste (classe 1-2), médio desgaste (classe 3) e alto desgaste (classes 4-5) de Paulacoutoia protocenica.* 53
- Figura 46: *Gráfico de setores, com percentual de desgaste do M1, com Pouco desgaste (classe 1-2), médio desgaste (classe 3) e alto desgaste (classes 4-5) de P. prodromus.*..... 54
- Figura 47: *Gráfico com comparação de densidade com diversos mamíferos, elaborado a partir de Rivals & Deniaux (2003) (Fonte: Mainland, 1998; Solounias et al., 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino et al., 2011a e Aquino et al., 2011b).* 61

Lista de Tabelas

Tabela 1: Padrão de desgaste de <i>Colbertia magellanica</i> adaptado de Aquino (2009) e Aquino (2010).	26
Tabela 3: Padrão de desgaste de <i>Paulacoutoia protocenica</i>	36
Tabela 2: Padrão de desgaste de <i>Paranisolambda prodromus</i>	32
Tabela 4: Dados estatísticos da análise do microdesgate. E.P.M. = Erro Padrão da Média.	42
Tabela 6: Análise de variância entre as cinco espécies de Itaboraí (ANOVA).....	49
Tabela 7: Intervalo de confiança dos Efeitos.....	49
Tabela 8: Dados da análise isotópica.....	51
Tabela 5: Tabela de densidade de marcas, elaborado a partir de Rivals & Deniaux (2003) (Fonte: Mainland, 1998; Solounias <i>et al.</i> , 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino <i>et al.</i> , 2011a e Aquino <i>et al.</i> , 2011b).	45

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vii
<i>Abstract</i>	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas.....	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. UNGULADOS	1
1.2. ORDEM NOTOUNGULATA	2
1.2.1. <i>Colbertia magellanica</i>	4
1.2.2. <i>Itaboraitherium atavum</i>	5
1.2.3. <i>Othnielmarshia pristina</i>	6
1.3. ESTUDO DE DESGASTE DENTÁRIO	7
1.3.1. Microdesgaste	7
1.3.2. Macrodesgaste	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVO	10
2.2. METAS.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1. MATERIAL DE ESTUDO	11
3.2. MATERIAL DE COMPARAÇÃO	11
3.3. MÉTODOS.....	14
3.3.1. Análise de macrodesgaste dentário	14
3.3.2. Análise de microdesgaste dentário.....	14
3.3.3. Análise isotópica do esmalte.....	18
3.3.4. Difratometria de Raios-X.....	19
4. CONTEXTO GEOLÓGICO - BACIA DE SÃO JOSÉ DE ITABORAÍ.....	20
5. RESULTADOS	26
5.1. ANÁLISE DE MACRODESGASTE.....	26
5.1.1. Notoungulata.....	26
5.1.2. <i>Paranisolambda prodromus</i>	29
5.1.3. <i>Paulacoutoia protocenica</i>	33
5.2. ANÁLISE DE MICRODESGASTE	38
5.3. ANÁLISE ISOTÓPICA	50
5.4. DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X.....	51
6. DISCUSSÃO	53
6.1. ENTENDENDO OS MECANISMOS DE DESGASTE E O SEU CONTROLE	53

6.2. INTERPRETAÇÃO PALEOECOLOGICA	59
7. CONCLUSÃO	65
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

1.1. UNGULADOS

Durante a maior parte de era Cenozóica a América do Sul esteve isolada das demais massas continentais, o que possibilitou o surgimento de diversas linhagens endêmicas de mamíferos, algumas com representantes atuais, mas a maioria extinta no final do Pleistoceno (Bergqvist & Bastos, 2009). Esse período ficou conhecido como “isolamento esplêndido” (*splendid isolation sensu* Simpson, 1980).

Os ungulados sul-americanos podem ser divididos em dois grandes grupos: o primeiro, representado por ungulados nativos, ou seja, que teriam evoluído na própria América do Sul partir de ancestrais provenientes da América do Norte durante o isolamento da América do Sul ao longo do Paleógeno e Neógeno, e os ungulados invasores, que teriam aqui chegado devido ao soerguimento do Istmo do Panamá, durante o Plio-Pleistoceno (Bergqvist *et al.*, 2004).

De acordo com Paula-Couto (1952) os ungulados nativos (ordens Astrapotheria, Litopterna, Notoungulata, Pyrotheria, Xenungulata, “Condylarthra” e Notopterna) tiveram seu apogeu no Paleógeno, declinando progressivamente durante o Neógeno e se extinguindo no Pleistoceno. Mesmo que a maior parte dos ungulados nativos tenha sido extinta, os representantes atuais da ordem Xenarthra e os marsupiais endêmicos da América do Sul ainda servem de testemunho dessa história singular. O registro fossilífero destes ungulados nativos é muito rico, contando, além dos supracitados, com vários outros grandes grupos que povoaram a América do Sul durante boa parte do Cenozóico. Dentre esses, um que merece atenção é a ordem Notoungulata, por ser um táxon muito diversificado e com ampla distribuição temporal (Paleoceno – Pleistoceno). Esta importante ordem vem recebendo a atenção e contribuição de diversos autores como o famoso naturalista Charles Darwin que durante sua viagem, encontrou os restos de um *Toxodon*, posteriormente descrito por Owen (Billet, 2008).

O estudo de formas primitivas de ungulados é importante para melhor entender como a evolução ocorreu neste grupo. Principalmente devido a sua variada dentição ao longo do tempo, uma análise da dentição de formas primitivas se mostra importante para inferir seus possíveis hábitos alimentares e assim entender o paleoambiente onde essas formas viviam.

1.2. ORDEM NOTOUNGULATA

Os Notoungulados são um grupo de ungulados endêmicos da América do Sul que foram submetidos a uma grande diversificação. Eles são de longe os ungulados mais diversos e abundantes no Cenozóico, além de estarem entre os quatro grupos mais ricos e abundantes dentre as faunas cenozóicas e, portanto, representam uma parte muito importante dos ecossistemas do passado do subcontinente (Cifelli, 1985; Melo *et al.*, 2007 e Billet *et al.*, 2008, Billet *et al.*, 2009b) abrigando mais de 150 gêneros em vinte famílias (Mckenna & Bell, 1997).

Segundo Cifelli (1983) a ordem Notoungulata se divide em duas subordens, sendo elas Toxodontia e Typotheria, além de dois grupos basais, Henricosborniidae e Notostylopidae. Toxodontia é um táxon que inclui formas de médio a grande porte, similares aos rinocerontes e aos cavalos. Já a subordem Typotheria inclui animais de menor porte, sendo formas parecidas com roedores e lagomorfos, além de mais primitivas. Os Typotheria são organizados dentro das famílias Oldfieldthomasiidae, Archaeopithecidae, Interatheriidae, Mesotheriidae, Archaeohyracidae e Hegetotheriidae.

Conforme Billet *et al.* (2009a), os notoungulados são o grupo mais representativo e de maior interesse para inferências de reconstruções / hipóteses paleoambientais. Isso se deve ao fato de que na América do Sul a hipsodontia ter antes dos outros continentes (Flynn & Wyss, 1998), e os notoungulados serem o grupo que abriga o maior número de representantes com este tipo de dentição. Além disso, ocorre ainda o surgimento dos dentes hipselenodontes, também observada em táxons desta ordem, mostrando o quanto a dentição desse grupo variou ao longo do tempo geológico. Esta variação dentária ao longo do tempo pode se relacionada com as mudanças ambientais, principalmente as mudanças na flora, se mostrando como uma forma de resposta a essas mudanças.

A ordem é caracterizada pela morfologia dentária e das estruturas auditivas, que incluem um distinto crochet formado por um lofo na superfície oclusal dos molares superiores, e a presença de um seio epitimpânico no esquamosal (Cifelli, 1993).

Segundo Melo *et al.* (2007), os notoungulados são formas anfíbias ou terrestres, todas herbívoras e com tamanho variando desde um gato até um hipopótamo. As formas neógenas possuem uma dentição hipselodonte e um esqueleto pós-craniano primitivo (Paula-Couto, 1979a; Bergqvist *et al.*, 2004).

Paula-Couto (1979a) diz que os notoungulados descendem provavelmente do mesmo tronco ancestral de onde se derivou a ordem “Condylarthra”, dos quais se diferenciaram pouco, principalmente no esqueleto. Os grupos mais primitivos possuem fórmula dentária completa e dentes braquiodontes, condição que segundo Paula-Couto (1979a) é possivelmente derivada de um ancestral “Condylarthra” com dentição bunodonte. Porém, com base na análise de material de pós-crânio, os notoungulados se mostraram mais próximo dos litopternas (Horovitz, 2004; Macrini *et al.*, 2010).

Billet (2008), em sua revisão filogenética dos notoungulados, aponta que as tradicionais subordens Toxodontia e Typotheria são suportadas pela presença de múltiplas cristas individualizadas posicionadas mesialmente ao crochet nos dentes superiores e a presença de cristas fortes e divergentes no ectopterigóide formadas exclusivamente pelos palatinos. Porém, as famílias Henricosborniidae, Isotemnidae e Oldfieldthomasiidae, algumas das quais posicionadas originalmente dentre os Notioprogonia, são parafiléticas, certamente um reflexo do fato de que essas famílias terem sido definidas com base em caracteres plesiomórficos.

Apesar da variabilidade dentária, numa rápida observação da literatura especializada sobre a ordem Notoungulata (e.g. Patterson, 1934; Paula-Couto, 1954; Reguero *et al.*, 2003; Croft, 2007), pode-se observar que a maioria das espécies foi descrita com base em dentes bastante desgastados, o que pode dificultar a correta identificação do material. Esse exagerado desgaste também é observado nos representantes da ordem provenientes da Bacia de São José de Itaboraí, como Aquino (2010) constatou em estudo recente sobre os molares de *Colbertia magellanica* (Price & Paula-Couto, 1950). Devido a isso, é importante uma avaliação dos fatores que levam a maioria dos dentes das espécies desta ordem a apresentarem-se com notável desgaste.

Na Bacia de Itaboraí, a ordem Notoungulata é representada por três espécies (*Colbertia magellanica*, *Itaboraitherium atavum* e *Othnielmarshia pristina*), sendo as duas primeiras da família Oldfieldthomasiidae e a última um Henricosborniidae. *C. magellanica* é a melhor representada, sendo a mais numerosa das três. *I. atavum* é a menor das três espécies, além de ter seu registro bastante escasso, é representada basicamente por alguns dentes isolados (a maioria decídua e alguns permanentes). Por fim, *O. pristina* tem um tamanho intermediário entre as outras espécies da ordem Notoungulata de Itaboraí, e é representada apenas por seu holótipo.

1.2.1. *Colbertia magellanica*

Os primeiros achados desta espécie foram atribuídos a *Henricosbornia magellanica* Price & Paula-Couto (1950). Revisando a descrição original, Paula-Couto (1952) considerou a forma de Itaboraí distinta da argentina *Henricosbornia* Ameghino, 1901, propondo o novo gênero *Colbertia*, e a nova combinação, *Colbertia magellanica* para abrigar os fósseis de Itaboraí.

C. magellanica possuía um comprimento (cabeça aproximado de 30 a 40 cm (Paula-Couto, 1979a) pesando aproximadamente 5 a 8kg (Bergqvist & Metello, 2011). Sua mandíbula apresenta um ramo horizontal delgado e um côndilo situado muito acima do nível dos dentes, características que, junto com a condição bunolofodonte dos seus dentes, são indicativas de um hábito herbívoro. Seus dentes possuem coroa baixa (braquiodontes; Fig. 1) e sua formula dentária é completa (3.1.4.3) (Paula-Couto, 1979a).



Figura 1: Fragmento de maxila esquerdo de *Colbertia magellanica* (DGM 357M) com P1-M3, em vista oclusal, mostrando a diastema entre P1-2. Escala = 10mm. Foto de Adriana Moreira.

De acordo com Paula-Couto (1978, 1979a) os pré-molares e molares superiores de *C. magellanica*, objeto de estudo do presente trabalho, apresentam cúspides bem destacadas; o esmalte nas cúspides vestibulares dos pré-molares apresenta uma forte dobra no paracone e uma fraca ou inexistente no metacone. Já os molares apresentam metacone e paracone bem desenvolvidos, assim como uma forte dobra tanto no paracone como no metacone, sendo a

deste último, ligeiramente mais fraca. Os molares apresentam ainda um parástilo e um metástilo posicionados lateralmente às cúspides vestibulares, cíngulos presentes circundando o dente, além do protofofo e metalofo bem desenvolvidos. Uma crista bem marcada surge no hipolofo, entre o metacone e o hipocone, com direção mesiovestibular – o crochet. Dentre os molares, o M3 é o facilmente identificável por não possuir hipocone.

1.2.2. *Itaboratherium atavum*

Esta espécie foi descrita por Paula-Couto (1954) inicialmente com base em um fragmento mandibular, dentes decíduos de formato quadrangular e estruturalmente semelhantes aos permanentes de *Homalostylops* Ameghino, 1901 e um molar superior (M2). A espécie foi originalmente denominada de *Homalostylops atavus*, porém, Paula-Couto (1970), propôs o novo gênero *Itaboratherium* e corrigiu a denominação específica (sem expor os motivos), propondo a nova combinação *Itaboratherium atavum*.

Paula-Couto (1970) associa a esta espécie um único molar superior permanente. Após detalhada análise do desgaste dentário de *C. magellanica*, Aquino (2010) observou que dois molares superiores atribuídos a esta espécie, não apresentavam o mesmo padrão de desgaste apresentando pelos dentes desta espécie, como, p. ex., uma fossa principal ampla e bifurcada em Y (Fig. 2). Após avaliar todas as possibilidades, Bergqvist & Aquino (2010) sugeriram que este material pertença a *I. atavum*, usando também como base o seu menor tamanho (cerca de 20% menor que os de *C. magellanica*).



Figura 2: M2E de *Itaboratherium atavum* (MN 3401V), em vista oclusal, mostrando a fossa principal bifurcada em Y. Escala = 5mm.

1.2.3. *Othnielmarshia pristina*

Foi inicialmente descrito como *Camargomendesia pristina* por Paula-Couto (1978), porém, conforme Paula-Couto (1979b) observou, a referida espécie não se tratava de um Typotheria Oldfieldthomasiidae, mas sim de um Henricosborniidae, indistinguível de *Othnielmarshia*, sendo, portanto definida a nova combinação *Othnielmarshia pristina* (Fig.3).



Figura 3: Fragmento de maxila direito de *Othnielmarshia pristina* (DGM 400M), em vista oclusal. Escala = 10mm. Foto de Adriana Moreira.

Chama atenção na morfologia dentária desta espécie a presença de um fraco crochet e fraco cíngulo externo. Além disso, o primeiro e segundo molares são estruturalmente semelhantes, com protocone e hipocone bem desenvolvidos e contorno subquadrangular (Paula-Couto, 1979b).

De acordo com Paula-Couto (1979b), a espécie de Itaboraí é menor que *Othnielmarshia lacunifera* Ameghino 1901, além de ter molares mais transversos e com ângulo vestibular mais pronunciado. O protocone se separa do hipocone por um corte em forma de semicírculo. Esta chanfradura põe em contato a fossa principal com a face lingual do dente. Esse corte biselado é equivalente ao sulco lingual nos Oldfieldthomasiidae. Apresenta parástilo e metástilo mais fracos que os encontrados nos Oldfieldthomasiidae de Itaboraí, com contornos menos angulosos que os de *Colbertia magellanica* e cíngulo mais fraco.

1.3. ESTUDO DE DESGASTE DENTÁRIO

1.3.1. Microdesgaste

A análise do desgaste dentário se concentra na comparação morfológica da face oclusal e estruturas que formam os molares, como as cristas e cúspides (Teaford, 1991). Nesse âmbito, as análises microscópicas e macroscópicas do desgaste dentário servem para ampliar seu estudo e, principalmente, para ressaltar a importância funcional dos molares para os mamíferos, assim como possibilitar a avaliação de sua dieta, tanto em formas fósseis quanto recentes (Ungar *et al.*, 1995).

As marcas microscópicas encontradas nos dentes, em geral produzidas pela alimentação, recebem o nome de microdesgaste dentário. Elas são visíveis em toda a superfície dentária, porém, mais abundantes na região oclusal devido aos movimentos mastigatórios durante a alimentação (Walker *et al.*, 1978; Mainland, 1998).

Estudos referentes ao microdesgaste dentário, visando encontrar relações com diferentes dietas, têm sido usados de modo relativamente extenso em primatas humanos e não humanos (e.g. Walker *et al.*, 1978; Rensberger, 1978; Walker, 1981; Grine, 1981; Teaford, 1986, 1988, 1993, Hayek *et al.*, 1992; Teaford, 1994), e em alguns mamíferos de hábitos herbívoros tanto recentes quanto extintos, como os perissodáctilos (e.g. Hayek *et al.*, 1992; MacFadden *et al.*, 1999; Solounias & Semprebon 2002; Kaiser & Solounias 2003), artiodáctilos (e.g., Solounias *et al.*, 1988; Solounias & Moelleken 1993; Rivals & Deniaux 2003; Semprebon *et al.*, 2004;

Merceron *et al.*, 2004; Merceron & Ungar 2005; Merceron *et al.*, 2005; Merceron & Madelaine 2006; Schubert *et al.*, 2006) e notoungulados (Townsend & Croft, 2008; Billet *et al.*, 2008; Aquino *et al.*, 2011a; Aquino *et al.*, 2011b).

Rivals & Deniaux (2003) classificam os ungulados conforme sua dieta em três grupos. Aqueles que se alimentam principalmente de partes duras são chamados de ramoneadores (*browsers*); os pastadores (*grazers*) são aqueles que se alimentam de folhas e partes mais moles, porém em geral abrasivas; e os animais de dieta mista (*mixed feeders*), ou seja, aqueles onde não existe uma predominância entre vegetais mais duros e mais abrasivos, podendo ainda essa dieta ser constante ou sazonal.

Existem diversas formas de se estudar o microdesgaste dentário: metodologias de baixo aumento através de um esteromicroscópio (*e.g.* Solounias & Semprebon, 2002, Semprebon *et al.*, 2004, Townsend & Croft, 2008); grandes aumentos através de microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Ungar 1992, MacFadden, 2000, Rivals & Deniaux, 2003, Organ *et al.*, 2005) ou através de análise de superfície por fractal, utilizando microscópios de varredura de luz branca (Ungar *et al.*, 2007).

Apesar desse tipo de estudo já ter sido aplicado em diversos grupos de mamíferos fósseis, sendo os mais antigos do Oligoceno (Billet *et al.*, 2009), até o momento os ungulados de Itaboraí ainda não foram analisados, sendo seus estudos restritos apenas a avaliações morfológicas.

1.3.2. Macrodesgaste

A preparação de alimentos pelos dentes em herbívoros é importante na conversão da energia potencial dos alimentos em energia real disponível para o consumidor. As células das plantas devem ser rompidas para que a digestão ocorra. Os dentes tornam-se então particularmente importantes para organismos que fazem fermentação e são menos efetivos em liberar o conteúdo celular antes do ceco/cólon (McArthur & Sanson, 1988).

De acordo com Domning & Hayke (1984) diversos fatores controlam o desgaste, mas o principal fator é o estresse causado pela mastigação de alimentos muito fibrosos, pois isto requer muita força para reduzir o tamanho da partícula. Além disso, os danos são maiores em grupos que se alimentam de plantas cujas células são muito espessas, pois o rompimento celular é inversamente proporcional à espessura da parede celular.

Conforme Aquino (2009) observou, é possível estabelecer padrões para o desgaste macroscópico de maneira a permitir uma melhor identificação do material, porém como não há representantes recentes não é possível estabelecer classes etárias. Além disso, McArthur & Sanson (1988) dizem que o fenômeno do desgaste possui mais informações biológicas que apenas o indicador de idade.

O estudo de macrodesgaste se mostra uma importante ferramenta para entender o demasiado desgaste presente no notoungulados, pois através dele é possível reconhecer e definir certos padrões para cada uma das espécies. Além disso, esses arquétipos se demonstraram característicos das espécies sendo possível utiliza-los para uma diferenciação e identificação entre os notungulados (Aquino, 2009; Aquino & Bergqvist, 2010 e Bergqvist & Aquino, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO

O objetivo da presente dissertação é analisar o macro e o microdesgaste das espécies de notoungulados da Bacia de Itaboraí com a finalidade de interpretar o hábito alimentar dessas espécies e elencar os possíveis motivos que justifiquem o pronunciado desgaste dentário apresentado pelas mesmas.

Tendo como hipótese a utilização por parte dos notoungulados, de alimentos abrasivos em sua dieta, ou alguma diferenciação na estrutura do esmalte, que justifique uma menor resistência a abrasividade.

2.2. METAS

Para atingir o objetivo supracitado foram estabelecidas as seguintes metas:

- Alocar *Itaboratherium atavum* e *Othnielmarshia pristina* dentro das classes de macrodesgaste propostas por Aquino (2009) e Aquino (2010)
- Analisar o macro e o microdesgaste de *Paranisolambda prodromus* e *Paulacoutoia protocenica* a fim de comparar a intensidade deste desgaste com o observado nos notoungulados.
- A partir da análise do microdesgaste inferir a paleodieta das cinco espécies de ungulados estudadas e relaciona-la com a flora vivente no ambiente pretérito;
- Avaliar o quanto a morfologia dentária e as bandas de Hunter-Schreger (HSB) podem influenciar no desgaste;
- Determinar a via metabólica fotossintética (C3/C4) através de análise isotópica e utiliza-la para avaliar uma possível diferença entre as dietas;
- Avaliar a existência de diferenças estruturais no esmalte das cinco espécies citadas que justifiquem uma maior ou menor resistência à abrasão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAL DE ESTUDO

Para as diversas análises conduzidas neste estudo o material utilizado foi selecionado conforme certas características, para evitar erros nas análises. Por isso, foram excluídos aqueles que possuíam quebras no paracone, os que possuíam qualquer grau de alteração tafonômica, má preservação ou qualquer alteração no esmalte que pudesse comprometer a análise.

O material utilizado para a análise macroscópica consistiu de maxilas e dentes isolados (M1 e M2) das três espécies de notoungulados provenientes da Bacia de Itaboraí. Foram analisados um dente isolado de *Itaboratherium atavum* do MN e um fragmento maxilar de *Othnielmarshia pristina*. Os dentes de *Colbertia magellanica* já haviam sido analisados por Aquino (2009).

Dentre estes foram retirados os melhores exemplares para análise microscópica. Foram selecionados dez dentes isolados de *C. magellanica*, além dos únicos exemplares de *I. atavum* e *O. pristina*. Para as análises destrutivas, isotópica e difratometria de raios-x, foram utilizados fragmentos de dentes não catalogados, sendo que devido à quantidade de material necessário para as análises, o único notoungulado que pode ser analisado foi *C. magellanica*.

3.2. MATERIAL DE COMPARAÇÃO

Com a finalidade de melhor entender o desgaste presente nos notoungulados estudados, uma vez que se trata de um grupo extinto, eles foram comparados com uma forma com morfologia similar (*Paranisolambda prodromus* (Paula-Couto,1952) - litopternos) e uma com tamanho similar a *C. magellanica*, mas morfologia distinta (*Paulacoutoia protocenica* (Paula-Couto,1952) – “Condylarthra”). A opção por essas espécies objetivou comparar o desgaste e a estrutura de dentes com morfologia similar (bunolofodonte) as dos notoungulados e de dentes com morfologia distinta (bunodonte) e analisar as possíveis diferenças e semelhanças entre os dois padrões com os notoungulados.

Os litopternos são característicos da América do Sul, provavelmente descendendo de um ancestral “Condylarthra”, embora muito menos variado que os notoungulados, tiveram longa duração sendo presentes desde o Paleoceno até o fim do Pleistoceno (Paula-Couto,

1979a). São considerados o segundo grupo melhor sucedido durante o Paleógeno e o Neógeno, sendo superados apenas pelos notoungulados (Carlini *et al.*, 2006).

Paranisolambda prodromus (Fig. 4) é um membro da família Protheroetheriidae e, conforme Paula-Couto (1979b), possui molares inferiores estruturalmente intermediários entre os molares bonodontes dos Didolodontidae e os molares lofodontes dos Macraucheniidae primitivos.

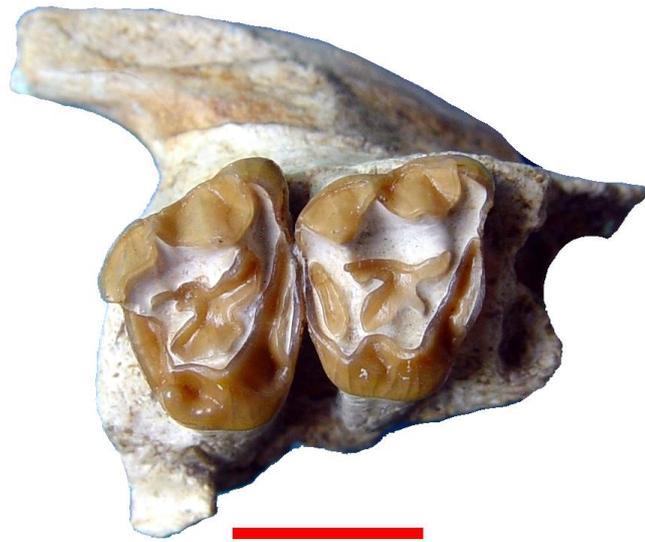


Figura 4: Fragmento de maxila direita com M2-3 de *Paranisolambda prodromus* (DGM 310M), em vista oclusal. Retirado de Bergqvist *et al.* (2006). Escala = 10mm. Foto de Adriana Moreira.

Os “Condylarthra” abrigam os mais primitivos ungulados conhecidos (Paula-Couto, 1979a). Por abrigar táxons muitos diferentes ou potenciais ancestrais de outros grupos mais derivados, o termo e o conceito dos “Condylarthra” se tornaram obsoletos, devendo ser mantidos entre aspas por este não se tratar de um grupo monofilético (Ladevèze *et al.*, 2010).

Paulacoutoia protocenica (Fig. 5) é um membro da família Didolodontidae, que segundo Paula-Couto (1979a) representaria um ponto de partida estrutural para os ungulados nativos da América do Sul, mas apresentando maior afinidade com os litopternos.



Figura 5: Fragmento de maxila esquerda com P4-M3 de *Paulacoutoia protocenia* (DGM 968M), em vista oclusal. Escala = 10mm. Foto de Adriana Moreira.

Foram analisados onze dentes isolados de *Paulacoutoia protocenia* provenientes da Coleção de Paleovertebrados do Museu Nacional (MN) e um fragmento maxilar e dois dentes isolados provenientes do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). De *Paranisolambda prodromus* foram analisados um dente isolado do MN, cinco fragmentos maxilares e três dentes isolados do DNPM. Destes foram selecionados os melhores exemplares para análise de microdesgaste, totalizando três amostras de cada espécie.

Para as análises destrutivas, foram utilizados fragmentos, da mesma forma que para *C. magellanica*, porém devido ao fato de que nem todo o material pôde ser identificado com certeza, a análise isotópica foi realizada com ambas as espécies, porém a difração de raios-x só foi possível no material de *P. prodromus*.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Análise de macrodesgaste dentário

Primeiramente o material foi observado utilizando um microscópio digital USB, com aumento de 20X, para que toda a superfície oclusal pudesse ser avaliada. Foi então observada a presença e a intensidade de desgaste nas estruturas dentárias. Todas as cúspides principais e acessórias foram analisadas, assim como, quando presentes, os estilos. Cíngulos não foram considerados para a análise devido à grande variação observada nestes.

Foram atribuídas classes de desgaste a partir dos diferentes graus de desgastes apresentados. A quantidade de classes variou conforme a espécie, no entanto, estas foram padronizadas para possibilitar uma análise comparativa entre as mesmas. A análise comparativa foi feita com apenas quatro classes: (1) sem desgaste, (2) pouco desgaste, (3) médio desgaste e (4) muito desgastado. Trata-se de um dente pouco desgastado, quando o desgaste está em estágio inicial, ou seja, afetando poucas estruturas dentárias, onde ainda é possível reconhecer todas as estruturas. Já os dentes com médio desgaste são aqueles onde as estruturas afetadas pelo desgaste já não podem ser facilmente reconhecidas, mas ainda restam áreas que ainda não foram atingidas pelo desgaste. Já os dentes muito desgastados não apresentam nenhuma estrutura em sua face oclusal íntegra, e muitas vezes chegando a ter pouco a nenhum esmalte nessa região.

3.3.2. Análise de microdesgaste dentário

Análise de microdesgaste dentário consiste na avaliação das marcas presentes no esmalte dos dentes (molares) dos animais, que preservam informações sobre os seus hábitos alimentares nos últimos momentos de vida do indivíduo (Rensberger, 1978; Teaford & Oyen, 1989; Rivals & Deniaux, 2003; Goillot *et al.*, 2009). Para essa análise foram utilizadas fotos dos dentes tomadas com grandes aumentos, obtidas através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de alto vácuo, o que inviabilizou a utilização do material original, tendo sido necessário a confecção de réplicas.

A metodologia de Solounias & Semprebon (2002) foi adaptada para a composição das réplicas, além disso, a metodologia de limpeza do material também foi adaptada de diversos autores (Solounias *et al.*, 1988; Teaford & Oyen, 1989; Teaford, 1994; Ungar & Teaford,

1996; Mainland, 1998; Merceron *et al.*, 2004; Solounias & Semprebon, 2002; Rivals & Deniaux, 2003; Merceron *et al.*, 2004a,b, 2005a,b; Billet *et al.*, 2009, Goillot *et al.*, 2009).

Inicialmente, para a limpeza, o material é emerso em propanona em uma concentração de aproximadamente de 16M durante 60 segundos para que ocorra a total retirada de qualquer vestígio de cola que possa haver no dente. Além disso, o dente é limpo delicadamente com hastes de algodão para auxiliar neste processo. Após a fase de retirada de cola, é preciso retirar os resíduos de sedimentos que pode haver no material. Para este fim o material é emerso em uma solução de ácido etanoico a aproximadamente 0,9M durante 30s, para que não haja nenhuma alteração no esmalte do dente por ação do ácido. Novamente o material é limpo com a utilização de hastes de algodão, porém com água destilada e deionizada para que a reação cesse.

Após este processo o material é levado ao ultrassom para que as partículas de sedimento que ainda possam estar presas se soltem do material. Por fim é feito um jateamento de ar diretamente sobre o material, para que dessa forma seja retirado qualquer sedimento remanescente. Por fim, o material é lavado em álcool etílico a 20M e deixado ao ar livre para secar.

Para a preparação dos moldes foi feita aplicação de silicone de alta precisão e secagem rápida nos dentes previamente limpos, com uma pistola de aplicação apropriada. Nessa fase são feitos dois moldes, sendo o primeiro descartado, pois ele é utilizado como uma última etapa de limpeza. O segundo molde é então utilizado para feitura das réplicas.

As réplicas foram preparadas com resina epóxi, própria para altas temperaturas, para que pudessem resistir ao MEV, e foram pigmentadas para que não fiquem translúcidas. A resina ainda líquida foi aplicada lentamente no molde e depois centrifugada em centrifuga manual durante 60s, para impedir a formação de bolhas. Uma vez endurecidas, as réplicas são metalizadas com ouro em câmara a vácuo para a tomada de fotos em MEV.

Todas as fotos foram retiradas da região oclusal do paracone de todas as espécies. Foram utilizados diversos aumentos, indo do 30X até 750X. Os menores aumentos serviram para uma identificação correta da posição e da estrutura. O aumento utilizado para as análises foi o de 500X conforme literatura (Walker & Teaford, 1989; Solounias & Hayek, 1993; Teaford, 1994; Rivals & Deniaux, 2003; Pinto-Llona, 2006). Os aumentos de 750X são utilizados para uma melhor avaliação de determinadas marcas que possam ser duvidosas.

Para uma melhor análise o melhor dente a ser utilizado é o M2, pois se encontra em uma posição mais central em relação aos demais, ficando melhor preservadas todos os tipos de marcas, uma vez que o M1 preserva melhor os arranhões e o M3 preserva melhor as perfurações (Walker & Teaford, 1989; Teaford, 1991; Teaford, 1994; Ungar & Teaford, 1996; Rivals & Deniaux, 2003). Só foi possível análise microscópica do material, uma vez que seu reduzido tamanho não evidencia marcas em baixo aumento. (30X).

Para a análise quantitativa (Walker & Teaford, 1989; Solounias & Hayek, 1993; Teaford, 1994; Rivals & Deniaux, 2003; Pinto-Llona, 2006) foram utilizadas três fotos de cada amostra com uma resolução de 240 DPI e uma área analisada de 0,0491 mm². Estas foram tratadas com o *software* Microware 4.02 desenvolvido por Ungar (2001; Fig. 6).

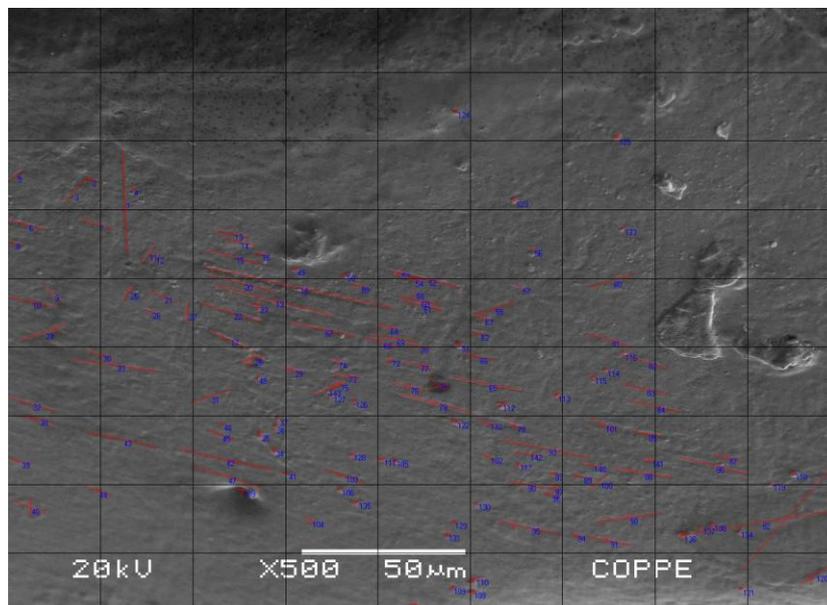


Figura 6: Imagem tratada no Microwear 4.02: em vermelho estão as marcações realizadas a partir da observação do microdesgaste. (DGM 400M, em aumento de 500X).

As marcas são categorizadas conforme a razão entre o comprimento e a largura. Dentro da análise dicotômica proposta por Solounias & Hayek (1993), tem-se dois tipos de marcas, as perfurações ou “pits” e os arranhões ou “scratches” (Gordon, 1982). Uma perfuração é determinada com uma razão 1:4, ou seja, quando sua largura é maior que $\frac{1}{4}$ do comprimento. Os arranhões são marcas cuja razão é maior que quatro. Existe ainda os sulcos ou “gouges” que são áreas de grande perda de esmalte que apresentam razão maior que 100, porém, nas análises conduzidas neste trabalho não foram identificadas marcas deste tipo, e por esse motivo optou-se pela análise dicotômica. Então temos: perfurações (razão ≤ 4) e arranhões ($4 <$ razão ≤ 100).

Para a análise de microdesgaste foi utilizada a densidade das marcas (N/mm^2), que são classificadas em perfurações e arranhões. No programa foram feitas as marcações, no início e fim do arranhão ou perfuração, nos seus maiores eixos, sendo formada uma matriz de posição com coordenadas cartesianas. A partir destas coordenadas foram calculados os valores de comprimento e largura em um programa de leitura e criação de tabelas (*e.g.* Excel). Com essas medidas foi possível então realizar os cálculos de razão, para a classificação das marcas, o perímetro das curvas convexas, e posteriormente a densidade dessas marcas.

Para uma melhor análise da composição das perfurações foi analisado seu perímetro, sendo assim as perfurações foram divididas em pequenas e grandes, conforme sugerido por Solounias e Hayek (1993), pois o perímetro das perfurações representa uma variação do tamanho das partículas duras processadas durante a alimentação. Quando a razão for de até 1:2, são consideradas perfurações com forma próximas a de uma circunferência, portanto o perímetro ($2p$) foi calculado com base na fórmula para circunferência $2\pi r$, onde r é o raio, porém como o raio não se trata de um valor idêntico nessas perfurações, foi atribuído o valor da média entre o comprimento (C) e largura (L), então a fórmula final utilizada foi $\pi \left(\frac{L+C}{2} \right)$.

Para as marcas como valores de razão $2 \leq x < 4$, segundo Solounias e Hayek (1993), tratam-se de formas mais elípticas, e seu perímetro foi calculado utilizando a melhor aproximação derivada da aproximação de Ramanujan que é dada na fórmula:

$$2p \approx \pi (a + b) \left(1 + \frac{3 \left(\frac{a-b}{a+b} \right)^2}{10 + \sqrt{4 - 3 \left(\frac{a-b}{a+b} \right)^2}} \right), \text{ onde } a = \frac{C}{2} \text{ e } b = \frac{L}{2}$$

Previamente Rivals & Deniaux (2003) apresentaram, para o cálculo de perímetro, a fórmula $\pi(3CL) - \sqrt{[(L + 3C)(C + 3L)]}$, porém a mesma não se mostrou válida, pois quando $C = L$ implica que essa curva é uma circunferência (c). Assim, temos:

$$\pi(3CC) - \sqrt{[(C + 3C)(C + 3C)]} = \pi 3C^2 - \sqrt{[(4C)(4C)]} = 3\pi C^2 - 4C$$

Uma vez que se trata do perímetro da circunferência (c) temos:

$$2\pi r = 2\pi \frac{C}{2} = \pi C$$

Porém a fórmula apresentada por Rivals & Deniaux (2003) tem o seguinte resultado:

$$3\pi C^2 - 4C \neq \pi C$$

Devido ao erro apresentado pela fórmula de Rivals e Deniaux (2003), utilizou-se a aproximação supracitada.

Por fim foram feitos testes estatísticos nas amostras, utilizando diversos *softwares* como Excel[®], PAST e BioEstat. Todos os testes realizados foram de análises de variância (ANOVA).

É importante ressaltar que nas análises de microdesgaste encontradas na literatura (*e.g.*; Mainland, 1998; Merceron *et al.*, 2004; Solounias & Semprebon, 2002; Rivals & Deniaux, 2003; Merceron *et al.*, 2004a,b, 2005a,b; Billet *et al.*, 2009, Goillot *et al.*, 2009), a alimentação é classificada como dura ou abrasiva. Alimentos duros seriam compostos pelas partes rígidas do vegetal, como galhos e troncos, regiões muito lignificadas, e não partes que possuem maior dureza no sentido mineralógico. Por outro lado, o alimento abrasivo, seria aquele que, mesmo mole/flexível, como as folhas, ou caules herbáceos (pouco lignificados) podem causar grande abrasão, devido à presença no seu interior de minerais de dureza alta.

3.3.3. Análise isotópica do esmalte

A aplicação dos isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) se baseia na diferença isotópica das plantas C_3 e C_4 , que de acordo com Boutton (1996) a quantidade de $\delta^{13}\text{C}$ diferem entre si em cerca de 14‰. A partir dessa diferença é possível reconhecer parte da fisiologia vegetal de uma determinada área. Também é possível inferir eventuais mudanças climáticas, pois conforme Suguio (2003), savanas representam áreas de chuvas mais escassas e as florestas seriam regiões com chuvas abundantes.

Os vegetais C_3 (árvores e arbusto) e C_4 (gramíneas e plantas herbáceas) possuem ciclos fotossintéticos diferentes, o que reflete na sua composição isotópica. Foi demonstrado, experimentalmente que as plantas C_3 apresentar valores mais negativos de $\delta^{13}\text{C}$ que as C_4 , ou seja, um empobrecimento isotópico (Pessenda *et al.*, 1998).

Para a análise foram usados diversos fragmentos de dentes, porém, de apenas três espécies (*Paulacoutoia protocenica*, *Paranisolambda prodromus* e *Colbertia magellanica*), pois por fragmentos de dentes (devido ao caráter destrutivo do método apenas fragmentos foram utilizados) não foi possível identificar a qual das outras duas espécies de notoungulados os fragmentos pertenciam.

O material teve a dentina retirada manualmente com a utilização de uma microrretífica. Após o processo de retirada de dentina o esmalte foi pulverizado manualmente em crisol e pilão, para a obtenção do pó, tendo sido obtido um total de 1770mg para *C. magellanica*, 400mg para *P. prodromus* e 350mg para *P. protocenica*.

O processo de tratamento químico do material e a sua posterior análise se deu no laboratório “Stable Isotope Ratios in the Environment Analytical Laboratory” (SIREAL). As amostras são colocadas em tubos de 4ml fechados, com tampas de borracha perfuráveis. Depois os tubos são lavados com hélio UHP em cerca de 100ml/minuto durante 10 minutos. Após este processo é injetado ácido fosfórico a 10M e a amostra é centrifugada. Os tubos são colocados em uma placa aquecida a 69°C, para que a apatita possa reagir por pelo menos uma hora e não mais que doze horas. O gás carbônico produzido na reação é então levado para análise. As amostras foram analisadas em espectrômetro de massa em fluxo contínuo (Thermo Electron Corporation Finnegan Delta plus XP) (Coplen, 1994).

Os valores de oxigênio, não foram utilizados para o estudo, pois além de serem pouco conclusivos, e poder levar a uma interpretação incorreta, precisam ser melhor avaliados para bacias continentais.

3.3.4. Difratomia de Raios-X

A estrutura mineralógica de um fóssil pode ser determinada, mediante uma técnica destrutiva, na qual o material é pulverizado e um feixe de raios-x é incidido sobre a amostra, cujo impacto é registrado em um difratograma (Nobre & Carvalho, 2004). Dessa forma pode-se determinar a composição de um mineral através de uma relação entre o comprimento de onda (λ), o ângulo de incidência (θ) e o espaçamento entre os planos, onde os resultados são picos de comprimento de onda, que são comparados com valores pré-definidos característicos do mineral (Moore & Reynolds Jr., 1989).

O pó dos dentes de *Paranisolambda prodromus* e *Colbertia magellanica* foi analisado no Laboratório Multiusuário de Caracterização de Materiais (LMCM) do Programa de Engenharia Metalúrgica em de Materiais (PEMM), com feixes de raios-x que incidiram sobre a amostra em uma faixa angular de 10° a 80°, utilizando o equipamento Shimadzu XRD-6000, operando com radiação de cobre (1.54060Å), voltagem de 30Kv e corrente de 30mA.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO - BACIA DE SÃO JOSÉ DE ITABORAÍ

A Bacia de São José de Itaboraí, também conhecida na literatura por Bacia de Itaboraí, foi descoberta em 1928 e por mais de cinco décadas foi explorada para extração de calcário. Possui um reduzido tamanho, porém apresenta uma enorme importância científica. Devido ao seu extenso registro fóssilífero é reconhecida como berço dos mamíferos no Brasil. Apresenta importância no âmbito sócio-cultural, pois está ligada à história da construção de diversas obras de grande importância, como o Maracanã e Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio - Niterói) – o cimento utilizado nestas construções foi feito com o calcário extraído da bacia. Na década de 90, após o encerramento das atividades de exploração, a Bacia de Itaboraí passou a fazer parte do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí (Beltrão *et al.*, 2001; Bergqvist, *et al.*, 2006).

Ela está localizada no distrito de São José, no município de Itaboraí, cujas coordenadas são 22°50'20"S e 42°52'30"W (Figs. 7 e 8). Pode-se chegar a ela seguindo pela Ponte Rio-Niterói, sentido Niterói, passando então para Alameda São Boa Ventura, indo para a rodovia RJ 104 (Niterói-Manilha), na qual se anda por cerca de 20km. Saindo da RJ 104, pela Estrada Almirante Pena Boto, desloca-se por mais dois quilômetros, onde esta muda de nome para Estrada José de Abreu Porto. Cerca de quatro quilômetros depois se segue pela Rua Jerônimo Pina por 140m e depois Estrada Campanha por mais 700m, por fim se anda mais 4,5Km na Estrada São Tertuliano até o acesso a bacia.



Figura 7: Localização geográfica da Bacia de São José de Itaboraí. Retirado de Bergqvist *et al.* (2006).



Figura 8: Vista área da área do Parque Paleontológico de São José de Itaboraí. Retirado de Bergqvist *et al.* (2008).

A Bacia de Itaboraí trata-se de uma das menores bacias brasileiras, possuindo um formato semielíptico, com cerca de 1400m no eixo maior, se apresentando na direção NE-SW, e 500m no menor, na direção NW-SE, e com profundidade estimada em 125m próximo ao seu limite sul - a falha de São José (Fig. 9); Rodrigues-Francisco & Souza-Cunha, 1978; Rodrigues-Francisco *et al.* 1985; Klein & Bergqvist, 2002; Bergqvist *et al.*, 2006 e Bergqvist *et al.*, 2008).

Leinz (1938) identificou três sequências distintas para os calcários, que são cortados verticalmente por canais de dissolução (Fig. 10), as Sequências S1, S2 e S3 foram assim denominadas por Medeiros & Bergqvist (1999). A sequência denominada S1 consiste em carbonatos clásticos e químicos interdigitados e possui registro fóssil de répteis, mamíferos e plantas. A sequência denominada S2 compreende margas e brechas de colapso, preenchendo fissuras desenvolvidas em topografia cárstica de S1. Contém registro fóssil de plantas e vertebrados paleocênicos. A sequência S3 compreende depósitos terrígenos com conglomerados, diamictitos e fósseis pleistocênicos. Todas as sequências estão cortadas por um derrame de ankaramito localizado na borda norte da bacia (Medeiros & Bergqvist, 1999; Bergqvist *et al.* 2006; Bergqvist *et al.* 2008).

Segundo Sant'Anna & Riccomini (2001) o calcário apresenta feições de cimentação, mesmo que não muito abundantes, na borda norte, próximo ao derrame de ankaramito. Na

porção sul são encontrados calcários com drusas de quartzo e lâminas com quartzo microcristalino. O material que recobre a bacia, Formação Macacu, também apresenta evidências desta cimentação, porém ainda mais restrita e também encerrada na borda norte da bacia (Sant'Anna & Riccomini, 2001).

Sant'Anna *et al.* (2004) não seguem a divisão em fácies proposta por Medeiros e Bergqvist (1999) e chamam de calcário travertino todas as nuances de calcário encontrados na bacia. O calcário travertino é denominado como travertino cristalino crostoso, que aparece de forma irregular e de maneira lenticular, podendo também ocorrer em veios, possuindo metros de extensão e espessura chegando a cortar o embasamento Pré-Cambriano. O chamado calcário argiloso recebe o nome de micrítico e distribui-se de maneira irregular, indo de poucos centímetros a vários metros e sendo provavelmente a litofácies mais abundante na bacia. Ele se encontra intercalado com o travertino cristalino crostoso, assim como com os depósitos de leques aluviais da Formação Macacu. De acordo com Sant'Anna *et al.* (2004) o travertino que preenche a Bacia de Itaboraí foi preservado devido ao rápido soterramento pelos sedimentos fanglomeráticos da Formação Macacu, durante o Paleoceno-Eoceno. Sua origem é hidrotermal, ascendendo ao longo do plano da falha e sendo enriquecido com bicarbonato de cálcio, proveniente dos mármores do embasamento.

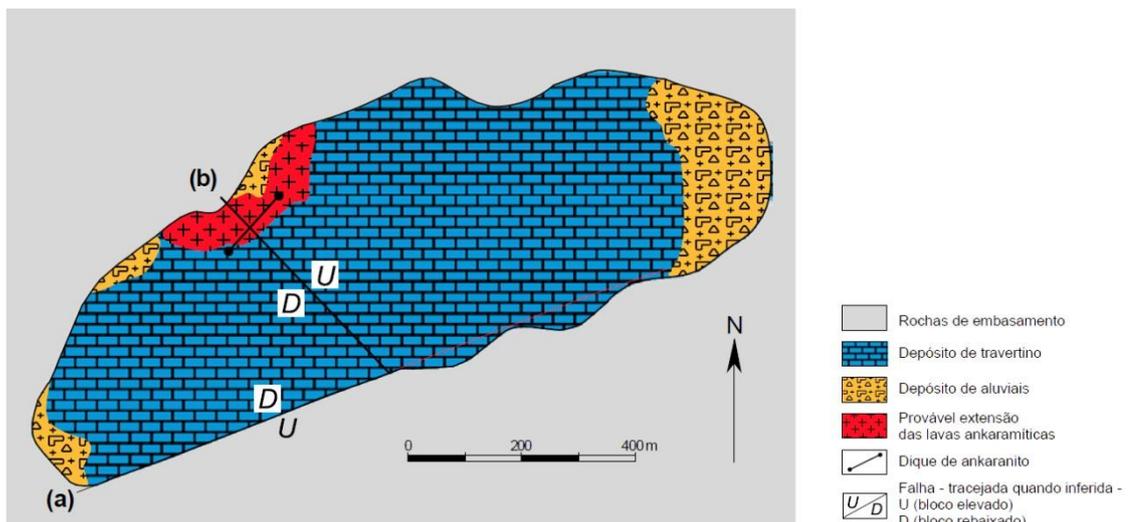


Figura 9: Mapa geológico da Bacia de Itaboraí. Retirado de Bergqvist *et al.* (2006).

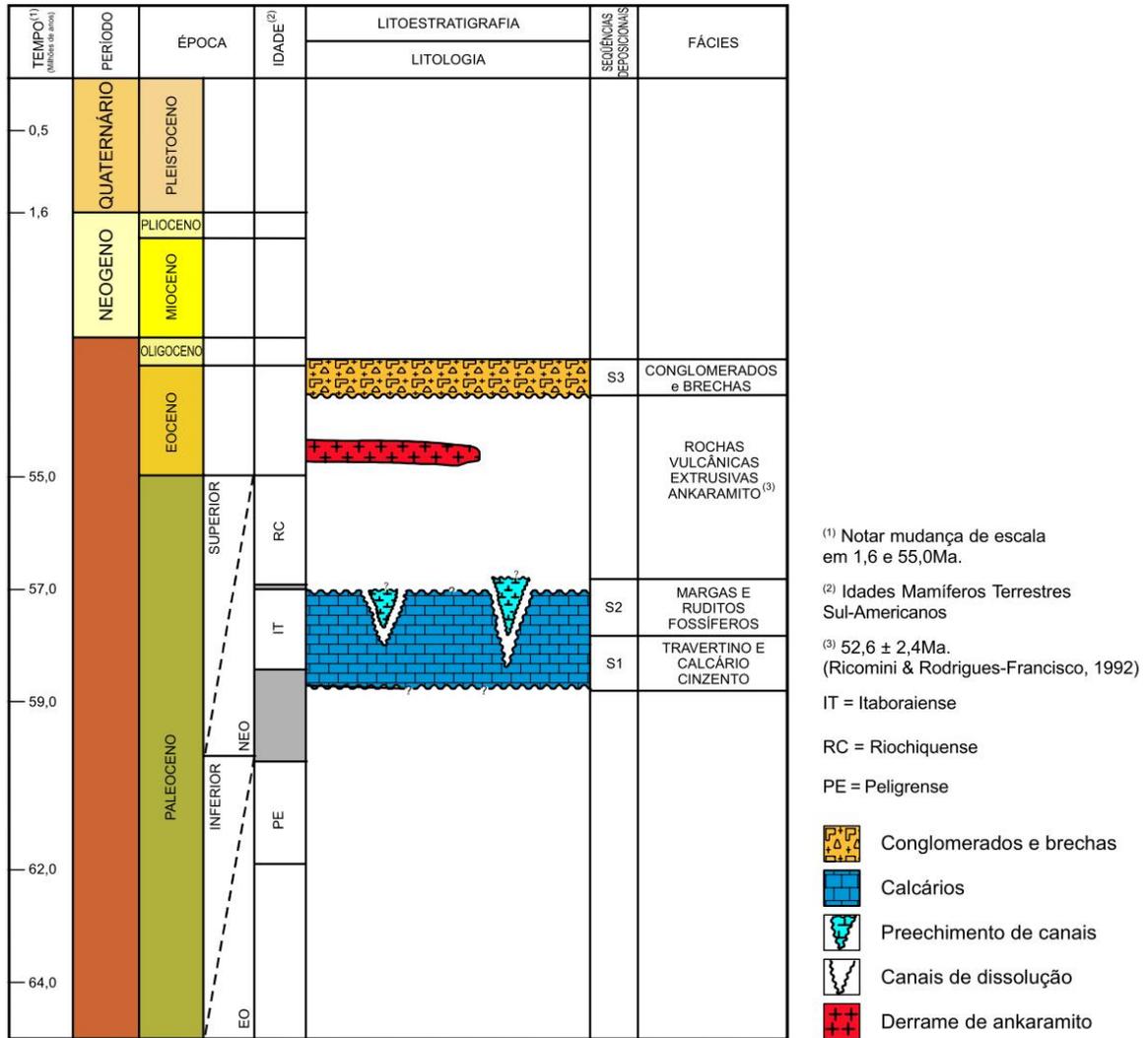


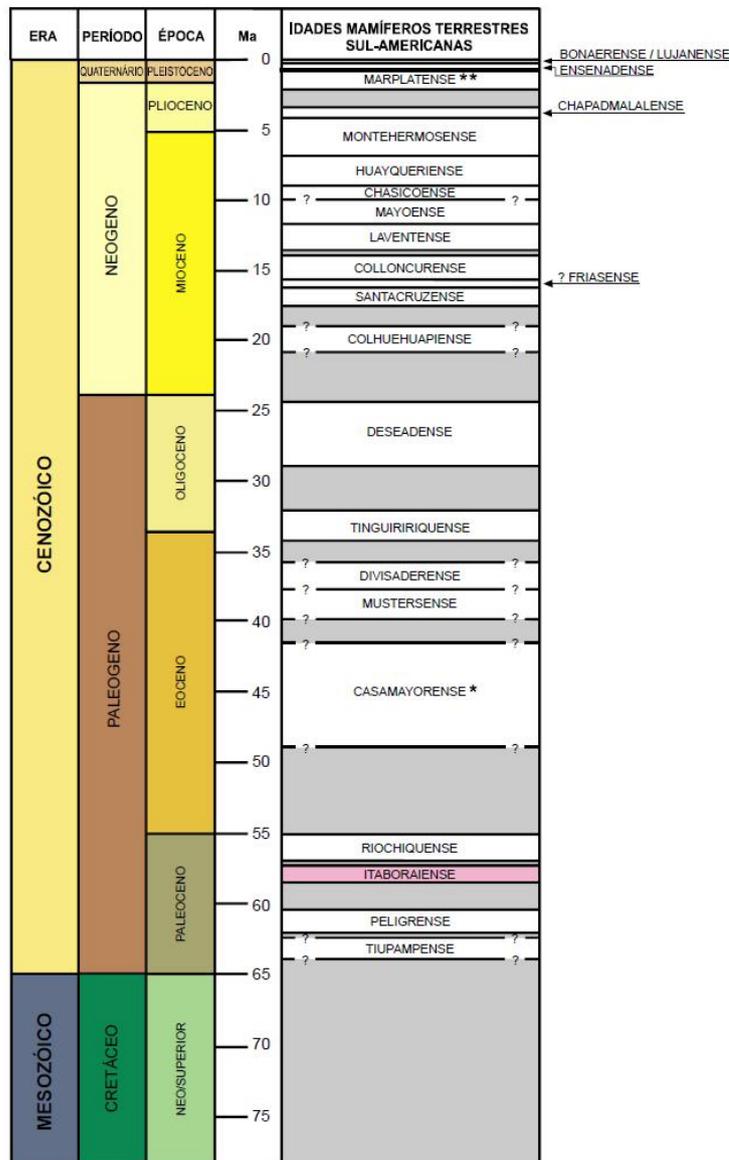
Figura 10: Coluna cronoestratigráfica da Bacia de Itaboraí. Retirado de Bergqvist et al. (2006).

Segundo Bergqvist et al. (2006) e Almeida (2005) foram atribuídas à bacia diferentes idades, conforme o material fóssil utilizado para a sua datação, sendo a primeira realizada com gastrópodes e vegetais, o que lhe conferiu uma idade variando do Eoceno (55 Ma) ao Plioceno (5 Ma). Lima & Souza-Cunha (1986) após analisarem material palinológico atribuíram uma idade próxima ao limite Paleoceno-Eoceno. Corroborando com essa ideia Oliveira e Goin (2011), através da datação do Ankaramito, de dados estratigráfico das Bacias marginais brasileiras e da correlação faunística entre as formas de Itaboraí e as formas da Patagônia, apontam também para uma idade na transição Paleoceno-Eoceno.

A partir de trabalhos de diversos autores (vide Bergqvist & Ribeiro, 1998), e utilizando a comparação dessa fauna com os representantes argentinos de mamíferos, foi atribuída à Bacia de Itaboraí uma idade Paleoceno-superior (aproximadamente 65 Ma). Recentemente,

Gelfo *et al.* (2009) atribui, através de uma recalibração das SALMAs argentinas, uma idade Eocênica para a Bacia de Itaboraí. Mas, contrapondo Gelfo *et al.* (2009), Bergqvist *et al.* (2011) dizem que esse autor se baseou, de maneira equivocada, nos eventos de cimentação silicosa dos calcários descrita por Sant’Anna & Riccomini (2001), sendo esse um processo pós-diagenético, ocorrendo de maneira restrita na bacia.

Durante o Cenozóico, o isolamento geográfico que gerou uma elevada taxa de endemismo dos mamíferos sul-americanos foi muito importante para estabelecer cerca de 20 Idades-mamíferos Terrestres na América do Sul (SALMAs) (Fig. 11).



Ma=Milhões de anos
 (*) Inclui as subidades Vaquense e Barranquense.
 (**) Inclui as subidades Barrancalobense, Vorohuense e Sanandresense.

Figura 11: Tabela geocronológica mostrando as diversas SALMAs. Retirado de Bergqvist *et al.* (2006).

Por conter os mais antigos fósseis brasileiros das primeiras linhagens de Metatheria e Eutheria. Além disso, devido à qualidade, abundância e importância dos fósseis de Itaboraí para o entendimento da evolução dos mamíferos cenozóicos, uma das SALMAs foi nomeada por Marshall (1985) como Itaboraiense e posicionado entre 61,8 e 58,5 Ma por Pascual & Ortiz-Jaureguizar (1990).

Além dos mamíferos, outros grupos também estão representados como fósseis na Bacia de Itaboraí. Após diversos trabalhos sobre a biota de Itaboraí sabe-se hoje que a bacia conta também com representantes de répteis, aves, anfíbios, moluscos e plantas (Bergqvist *et al.* 2008).

5. RESULTADOS

As diversas análises que foram feitas durante o desenvolvimento deste trabalho geraram resultados que juntos fornecem subsídios para tentar elucidar a dúvida com relação ao grande desgaste apresentado pelas espécies de Notoungulados provenientes da Bacia de São José de Itaboraí, pois através deles é possível relacionar a paleodieta, quais prováveis fontes de alimento e o quanto das estruturas do dente estão sendo perdidas ao longo do tempo.

5.1. ANÁLISE DE MACRODESGASTE

5.1.1. Notoungulata

Com base nos dados de Aquino (2009) e Aquino (2010) (Fig. 12) foi possível montar uma tabela para o macrodesgaste de *Colbertia magellanica* (Tabela 1).

Tabela 1: Padrão de desgaste de *Colbertia magellanica* adaptado de Aquino (2009) e Aquino (2010).

Classes	Limite
Classe 0 (A)	Sem desgaste;
Classe 1 (B)	Parástilo desgastado;
Classe 2 (C)	Desgaste no protolobo e no crochet;
Classe 3 (D)	Desgaste no ápice do hipocone e formação da ilha distovestibular;
Classe 4 (E)	Desgaste no ápice do protocone e desaparecimento da ilha distovestibular;
Classe 5 (F)	Sem feições na superfície oclusal além da ilha mediolingual;
Classe 6 (G)	Sem esmalte na superfície oclusal.

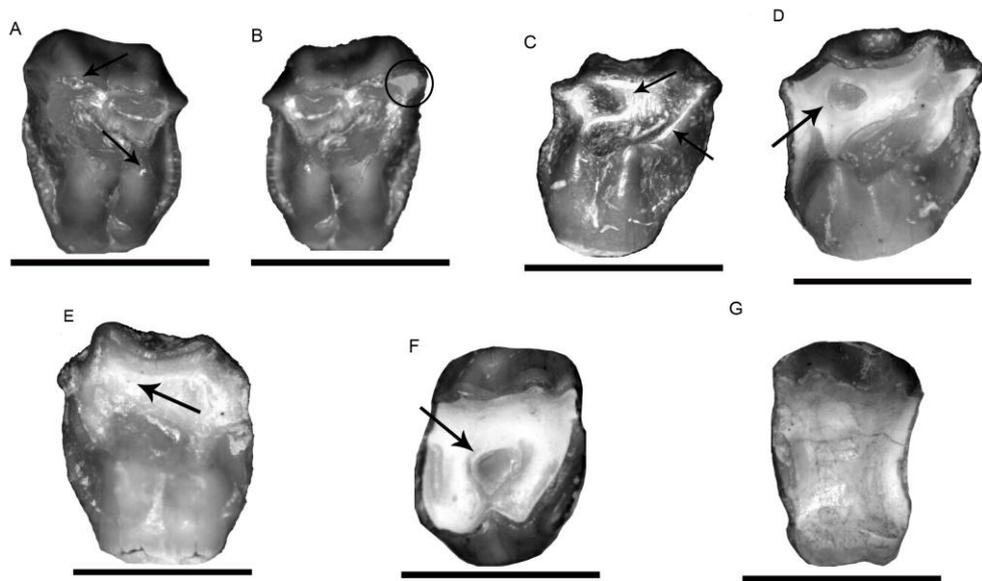


Figura 12: Padrão de desgaste de *Colbertia magellanica*. Escala = 5mm. Modificado de Aquino (2010).

Como os materiais de *Itaboraitherium atavum* e *Othnielmarshia pristina* são muito escassos - *I. atavum* preservou apenas um M2 e *O. pristina* apenas uma maxila - não foi possível definir classes de desgaste apenas com este material. Desta forma, ambas as espécies foram comparadas e agrupadas com base nos padrão de *Colbertia magellanica*.

O M2 de *I. atavum* apresenta um nível de desgaste compatível com a Classe 5, pois já não possui sinais da ilha distovestibular (devido ao baixo número de exemplares não é possível afirmar se esta ilha foi perdida pelo desgaste ou se ela nunca foi formada); além disso, apresenta o protocone e o hipocone desgastados em sua porção vestibular. A única estrutura de esmalte ainda preservada na região oclusal do dente seria a ilha mediolingual, porém está é diferente da presente em *C. magellanica*, pois existe uma fossa profunda e bifurcada em Y (Fig. 13).

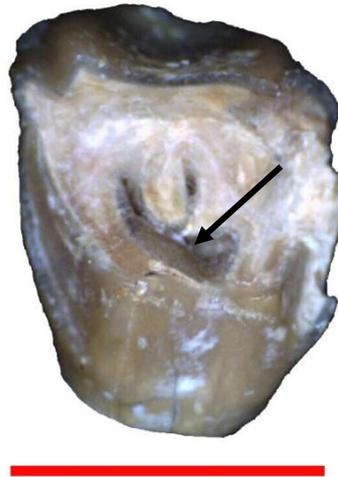


Figura 13: M2E de *Itaboratherium atavum* (MN 3041V), em vista oclusal, com destaque para a ilha mediolinguale em Y. Escala = 5mm.

Tanto o M1 como o M2 de *O. pristina* podem ser colocados, também, dentro da Classe 5, pois a única estrutura presente na região oclusal é a ilha mediolinguale, porém ela está orientada obliquamente no sentido paracone-hipocone, não apresentando o formato quase circular de *C. magellanica*. Além disso, ela se apresenta como um sulco alongado e ligeiramente profundo, lingual lateral ao crochê (Fig. 14).

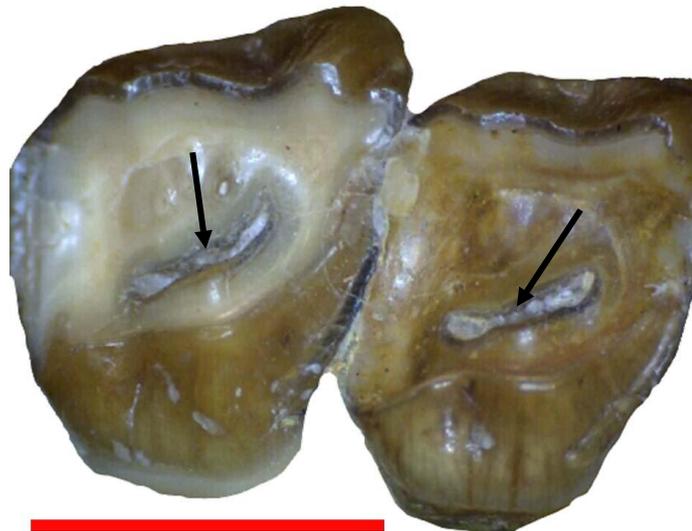


Figura 14: M1 e 2D de *Othnielmarshia pristina* (DGM 400M), em vista oclusal, com destaque para a ilha mediolinguale. Escala = 5mm.

5.1.2. *Paranisolambda prodromus*

Para a espécie *Paranisolambda prodromus* foram estabelecidas seis classes de desgaste, uma vez que não ficaram preservados dentes com total desgaste da superfície oclusal (classe 6).

Na classe 0, da mesma forma que ocorre nas demais espécies, não há qualquer exposição de dentina devido ao desgaste (Fig. 15).



Figura 15: M2D de *Paranisolambda prodromus* (DGM 1418M), em vista oclusal, sem apresentar desgaste. Escala = 5mm.

Na classe 1 tem início o processo de desgaste, porém, diferentemente dos demais táxons analisados, essa espécie apresenta um desgaste bem característico que se inicia na região da centrocrista, formando uma fossa entre as cúspides vestibulares (Fig. 16).

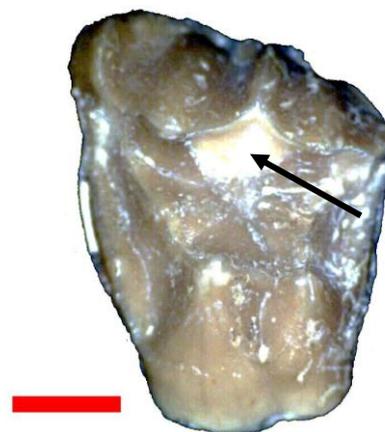


Figura 16: M2E de *Paranisolambda prodromus* (MN 1478V), em vista oclusal, com desgaste entre as cúspides vestibulares indicado por seta. Escala = 5mm.

Na classe 2 o desgaste que se iniciou na região entre as cúspides vestibulares aumenta em direção ao ápice destas cúspides, e a região do parástilo começa a ser desgastada também. O início do desgaste do protofloco inicia-se pela pré-protocrista, além disso, temos o desgaste nas cristas pré e pós-metacónule. (Fig. 17). -

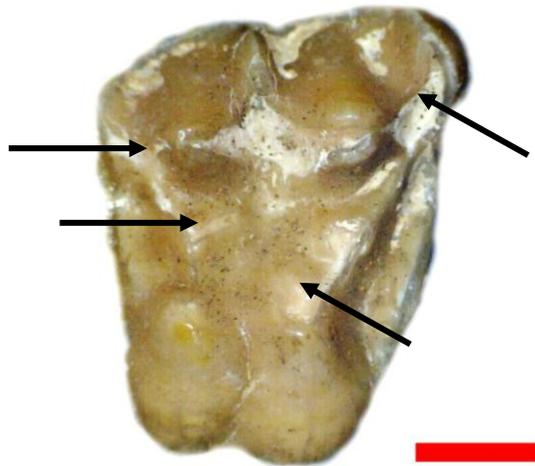


Figura 17: M2D de *Paranisolambda prodromus* (DGM 1421M), em vista oclusal, com desgaste no protofloco e parástilo indicado por seta. Escala = 5mm.

Na classe 3 (Fig. 18) o progresso do desgaste das cúspides mesiais levou a formação do protofloco (ou paralofo), mas este ainda não atingiu o ápice do protocone. O desgaste na crista pré-metacónule é bem acentuado. O ectofloco ainda não está completamente formado, mas a partir da região central deste o desgaste se prolonga pela pós-paracrista.

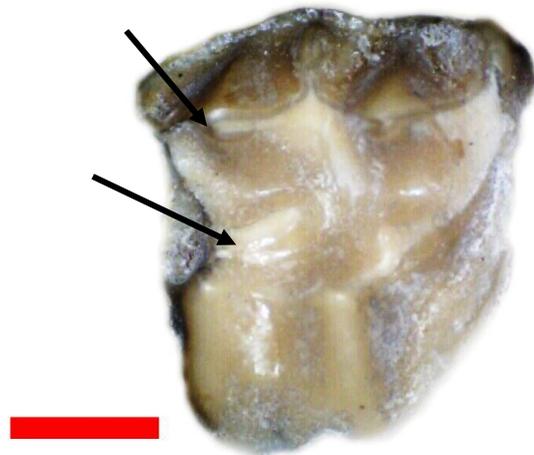


Figura 18: M2E de *Paranisolambda prodromus* (DGM 273M), com desgaste no metacone e no crochê, indicados com as setas. Escala = 5mm.

A classe 4 é definida pela presença de uma ilha de esmalte na região central formada essencialmente pela bacia do trigon, com eixo maior no sentido hipocone-paracone (Fig. 19). Somente nesta classe começa o desgaste do hipocone (através do prolongamento pela crista metacone-hipocone), mas este se mantém menos desgastado que o protocone.



Figura 19: M2D de *Paraniolambda prodromus*, (DGM 310M), em vista oclusal, com formação da primeira ilha de esmalte. Seta indicando hipocone desgastado. Escala = 5mm.

Na classe 5 ocorre a formação de uma segunda ilha de esmalte, formada por parte do cingulo distal. Nesta classe há um avanço notável do desgaste por sobre o metástilo, que se desgasta rapidamente. A ilha central se reduz e o hipocone encontra-se mais baixo que o protocone (Fig. 20).



Figura 20: MID de *Paraniolambda prodromus*, (DGM 310M), em vista oclusal, com redução da ilha central e surgimento da ilha distal. Escala = 5mm.

A Tabela 2 sintetiza as cinco classes de desgaste propostas para esta espécie e na Fig. 21 é mostrado o percentual de dentes desgastados em cada classe, o que revela um predomínio de dentes com desgaste intermediário (Classe 3).

Tabela 2: Padrão de desgaste de *Paranisolambda prodromus*.

Classes	Limite
Classe 0	Sem desgaste;
Classe 1	Desgaste na centrocrista;
Classe 2	Desgaste na pré-protocrista e nas cristas pré e pósmetaconule;
Classe 3	Formação do protofofo;
Classe 4	Surgimento da ilha central e desgaste no hipocone;
Classe 5	Surgimento de uma ilha secundária distal e rebaixamento do hipocone maior que do protocone.

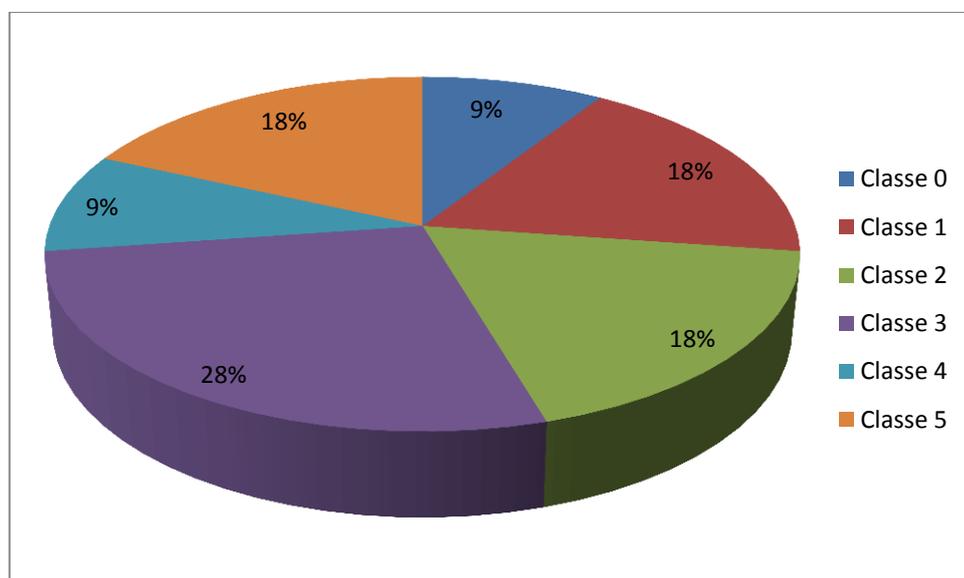


Figura 21: Gráfico de setores, mostrando a distribuição das classes para *P. prodromus*.

5.1.3. *Paulacoutoia protocenica*

A análise dos dentes de *Paulacoutoia protocenica* também possibilitou estabelecer seis classes de desgaste:

Na classe 0 o M2 não apresenta desgaste, possuindo então todas as estruturas dentárias sem qualquer exposição de dentina (Fig. 22).



Figura 22: M2E de *Paulacoutoia protocenica* (MN 1458V), em vista oclusal, sem apresentar desgaste. Escala=5mm.

Na classe 1 o processo de desgaste se inicia em sentido linguovestibular na região mesial do dente, isto é, ocorre primeiramente no protocone e em seguida no paracônculo e por fim no paracone. Nas três cúspides a exposição de dentina está restrita a seu ápice (Fig. 23).



Figura 23: M2D de *Paulacoutoia protocenica* (MN 1454V), em vista oclusal, com desgaste na região labiodistal indicado pelas setas. Escala =5mm.

A classe 2 é definida com o início do desgaste na região distovestibular (metacone e metacônuo). Observa-se também um aumento no desgaste no protocone, porém o hipocone ainda mostra-se intacto (Fig. 17).

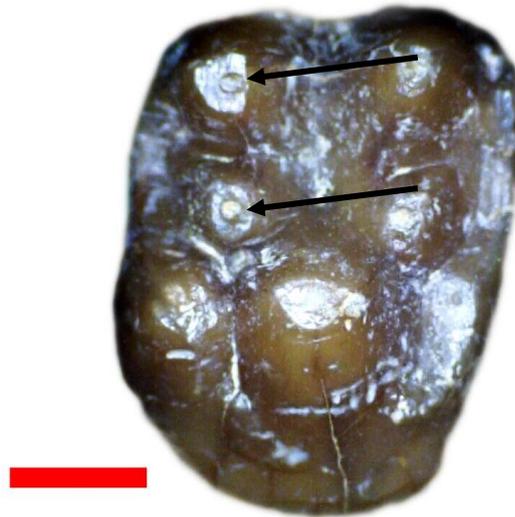


Figura 24: M2D de *Paulacoutoia protocenica* (MN 1453V), em vista oclusal, com desgaste no metacone e metacônuo, indicados pelas setas. Escala = 5mm.

Na classe 3 começa o desgaste no ápice do hipocone. O desgaste no protocone já é bem evidenciado e segue na direção ao paracônuo. Este, por sua vez, apresenta desgaste mais intenso que o metacônuo (Fig. 18).



Figura 25: M2D de *Paulacoutoia protocenica* (MN 1462V), em vista oclusal, com desgaste no hipocone indicado pela seta. Escala = 5mm.

Na classe 4 o desgaste no metacone e no paracone já é bem acentuado, porém com pouca exposição de dentina em relação às demais estruturas. Já os cênulos estão completamente desgastados. As cúspides linguais estão bem rebaixadas e conectam-se com os cênulos formando uma “bacia de dentina” (Fig. 26).



Figura 26: M2D de *Paulacoutoia protocenica* (MN 1455V), em vista oclusal, evidenciando a formação de uma “bacia” de dentina. Escala =5mm.

Na classe 5 o esmalte (em vista oclusal) está bastante reduzido, sendo um pouco mais abundante na metade distal do que na mesial do dente (Fig. 20).



Figura 27: M2E de *Paulacoutoia protocenica* (DGM 968M), em vista oclusal, com resquícios de esmalte na região distal. Escala =5mm.

A Tabela 3 sintetiza as cinco classes de desgaste propostas para esta espécie e na Fig. 28 é mostrado o percentual de dentes desgastados em cada classe, o que revela que mais da metade dos dentes de *P. protocenica* possuem baixo desgaste (classes 0 e 1).

Tabela 3: Padrão de desgaste de *Paulacoutoia protocenica*.

Classes	Limite
Classe 0	Sem desgaste;
Classe 1	Desgaste na região linguovestibular, principalmente protocone;
Classe 2	Desgaste na região distovestibular afetando o ápice do metacone e metacônuo;
Classe 3	Ápices do hipocone desgastado;
Classe 4	Cônulos completamente desgastados assim como o protocone e o hipocone, formando uma “bacia de dentina” exposta;
Classe 5	Região oclusal bem desgastada, com resquícios de esmalte distal ao metacônuo e distolingual ao metacone.

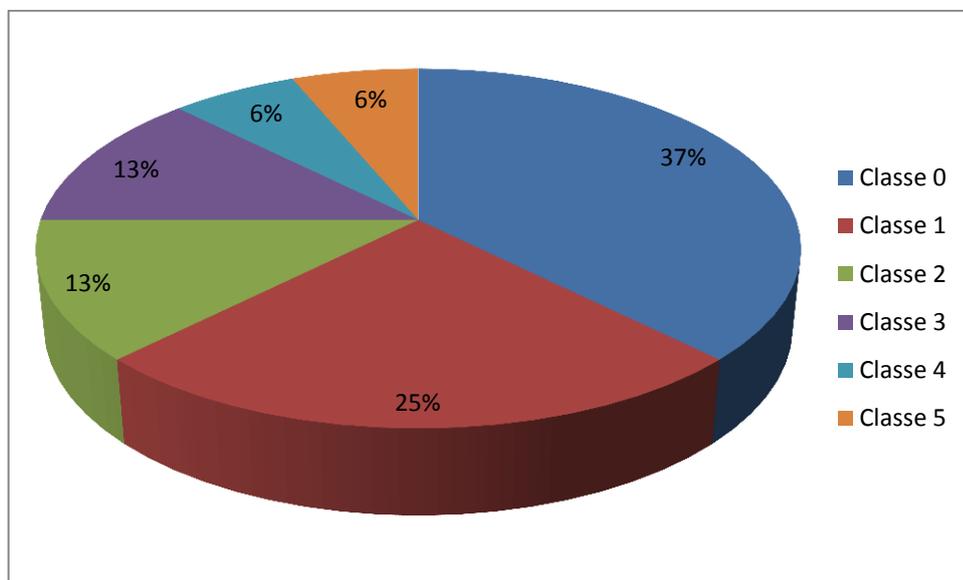


Figura 28: Gráfico de setores, mostrando a distribuição das classes para *P. protocenica*.

As duas espécies, apresentam uma distribuição distinta com relação ao macrodesgaste, porém isso ocorre principalmente na classe intermediária (classe 3), onde *Paulacoutoia protocenica*, apresenta 13% do material nesta classe contra 28% de *Paranisolambda prodromus*. Também chama a atenção à quantidade de molares sem apresentar desgaste onde

P. protocenica tem 37% do material sem desgaste e *P. prodromus*, por sua vez apresenta apenas 9%. No alto desgaste ocorre uma predominância de *P. prodromus*, com 27% do material entre as classes 4-5, em *P. protocenica* temos apenas 12%. Os valores dessas espécies só se equalizam na faixa de baixo desgaste (classes 1-2) onde ambas apresentam pouco mais de 30% do material nessas condições.

5.2. ANÁLISE DE MICRODESGASTE

A análise das imagens apresentadas nas Figs. 29 a 33, feita através do programa Microware 4.0, nos molares superiores das espécies de notoungulados e dos ungulados usados para balizamento, revelou os seguintes valores (média) referentes às seguintes marcas de microdesgaste: *Colbertia magellanica* – 35 perfurações e 74,3 arranhões (32,0% e 67,9% respectivamente); *Itaboratherium atavum* – 38 perfurações e 67,6 arranhões (35,9% e 64,0% respectivamente); *Othnielmarshia pristina* – 36 perfurações e 76,3 arranhões (32,0% e 67,9%); *Paulacoutoia protocenica* – 13,3 perfurações e 63 arranhões (33,9% e 66,0%) e *Paranisolamba prodromus* – 9 perfurações e 20 arranhões (46,6% e 53,3% respectivamente).

Nas Figs. 34 e 35 e na Tabela 4 estão sintetizados os valores supracitados.

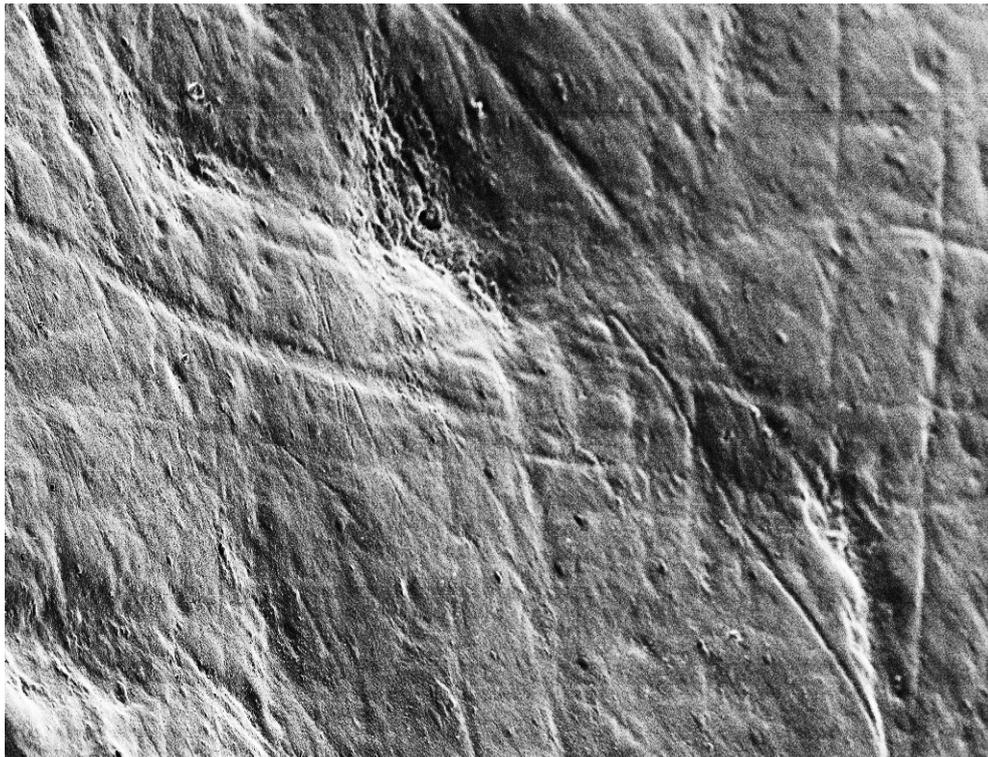


Figura 29: Foto em MEV da região do paracone do M2 de *Colbertia magellanica*, com aumento de 500x.

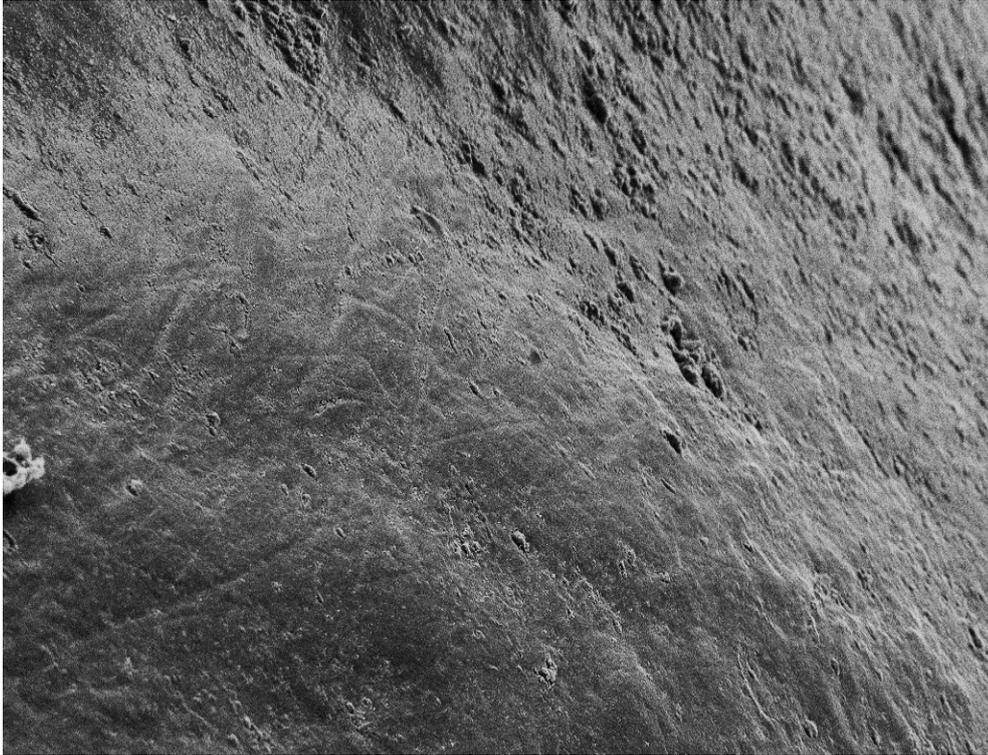


Figura 30: Foto em MEV da região do paracone do M2 de *Itaboraitherium atavum*, com aumento de 500x.



Figura 31: Foto em MEV da região do paracone do M2 de *Othnielmarshia pristina*, com aumento de 500x.

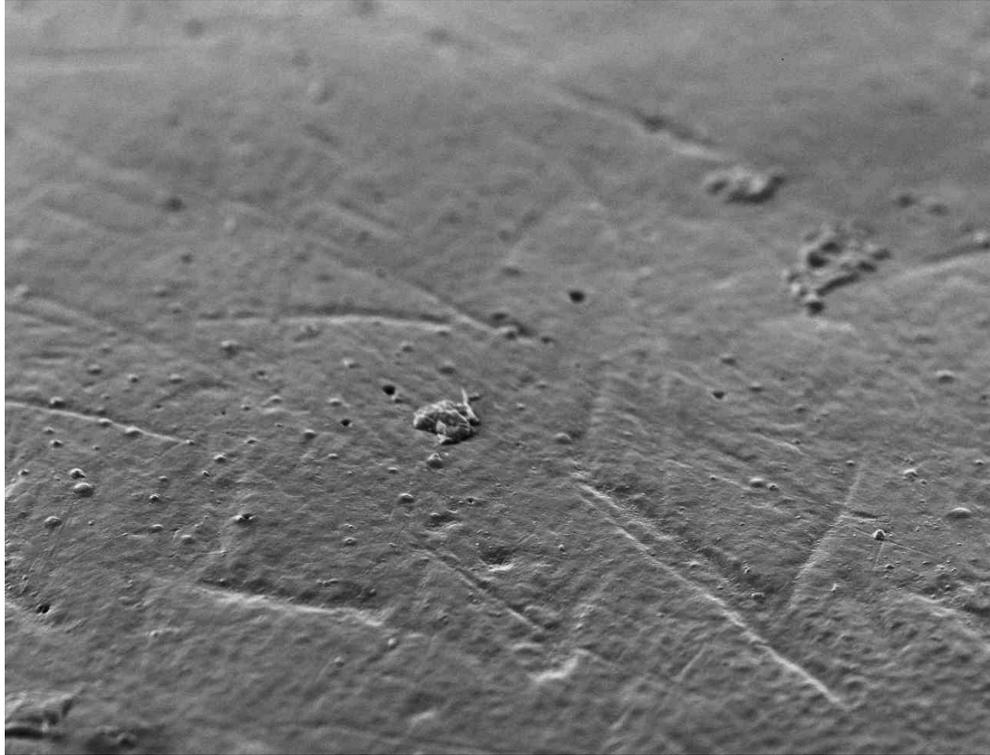


Figura 32: Foto em MEV da região do paracone do M2 de Paraniolambda prodromus, com aumento de 500x.

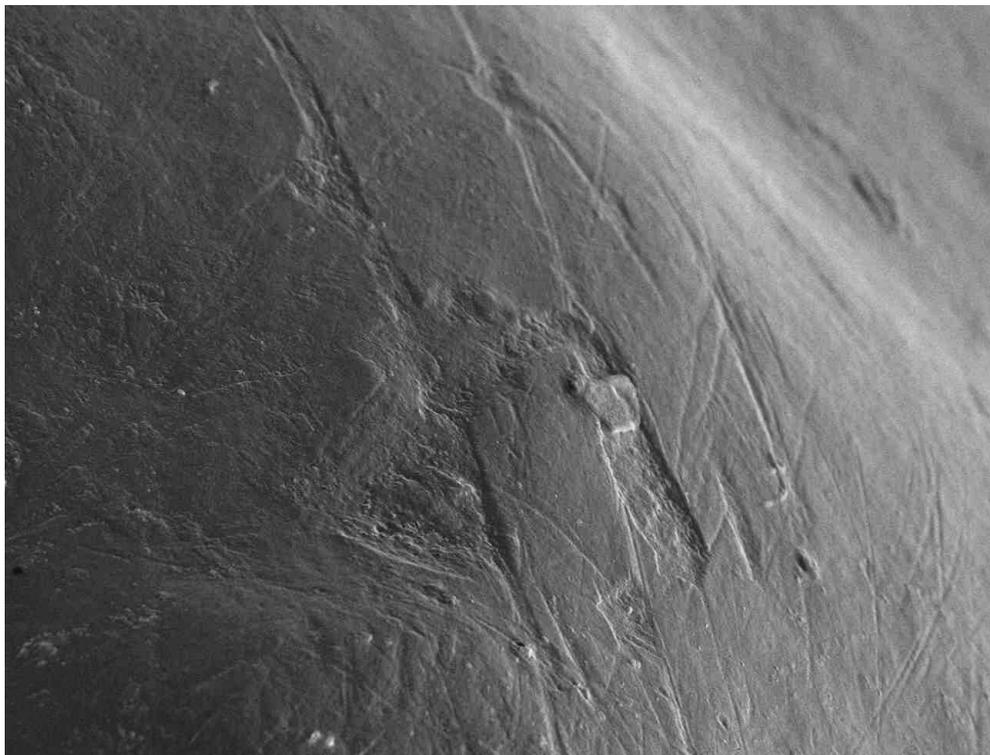


Figura 33: Foto em MEV da região do paracone do M2 de Paulacoutoia protocenica, com aumento de 500x.

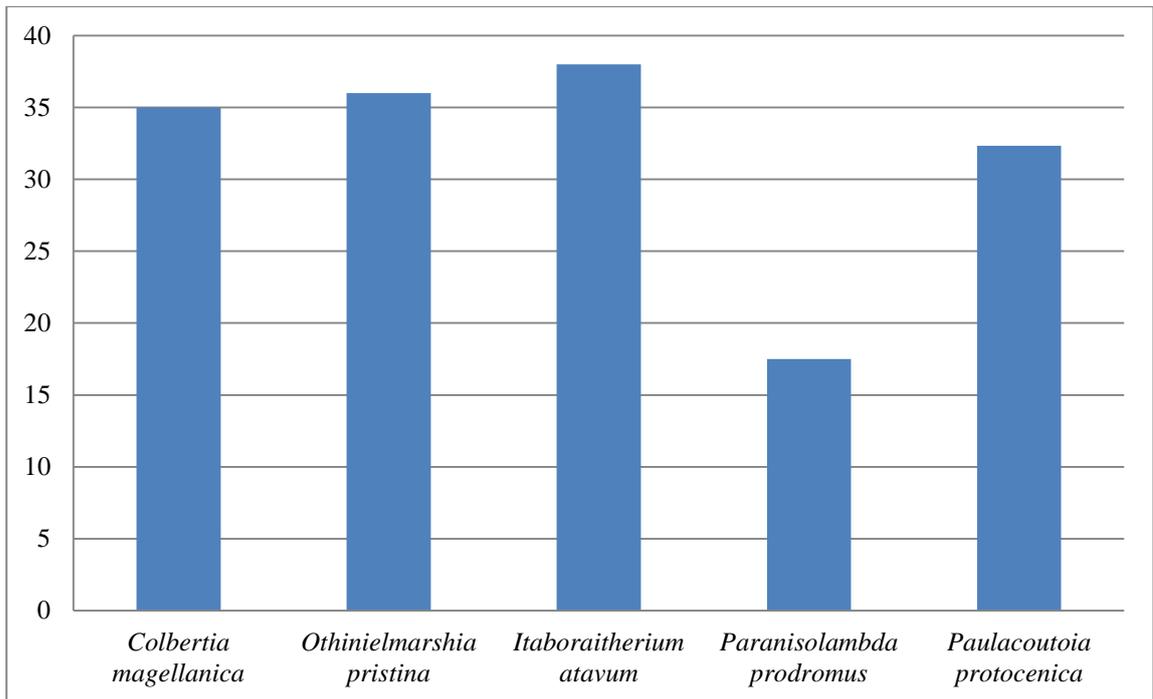


Figura 34: Gráfico de barras com médias de perfurações.

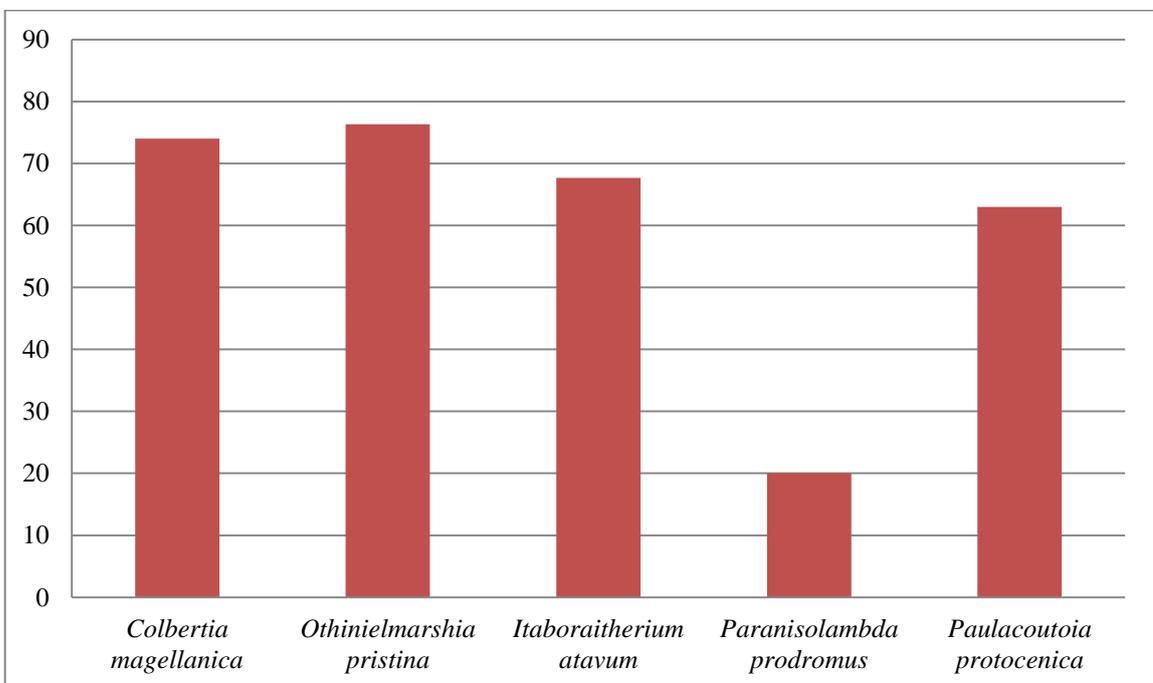


Figura 35: Gráfico de barras com médias de arranhões.

Tabela 4: Dados estatísticos da análise do microdesgate. E.P.M. = Erro Padrão da Média.

Espécie	N	Média	Arranhões		Perfurações		Perímetro (2:1)		Perímetro (4:1)		
			E.P.M	Densidade (N/mm ²)	Média	E.P.M	Densidade (N/mm ²)	Média	E.P.M	Média	E.P.M
<i>Colbertia magellanica</i>	10	74,3	1,6	1513,9	35,0	0,2	712,8	7,4	0,5	9,7	0,5
<i>Othnielmarshia pristina</i>	1	76,3	2,4	1554,6	36,0	4,2	733,2	8,5	1,0	9,5	0,6
<i>Itaboraitherium atavum</i>	1	67,6	2,5	1378,1	38,0	0,6	733,9	6,2	0,9	6,0	0,2
<i>Paranisolambda prodromus</i>	3	20,0	4,6	407,3	9,0	2,0	356,4	7,6	1,4	5,9	0,4
<i>Paulacoutia protocenica</i>	3	63,0	2,4	1283,1	13,3	0,7	658,5	24,3	3,0	17,1	2,1

Quando comparadas as médias e as densidades das marcas (Figs. 36 e 37), foi possível notar que os notoungulados se agruparam e além deles, a despeito de sua morfologia dentária, a espécie *Paulacoutoia protocenia* também se agrupou com eles, representando um grupo com grande quantidade de marcas e predomínio de arranhões. Por outro lado, mesmo possuindo morfologia dentária similar a dos notoungulados, a espécie *Paranisolambda prodromus*, ficou distantes destes, devido a sua baixa quantidade/densidade de marcas, além de uma proporção próxima entre elas.

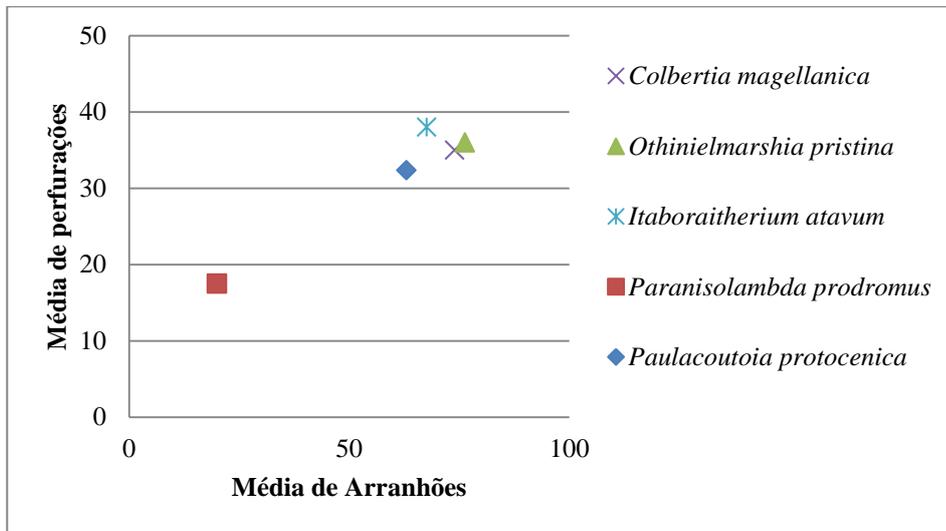


Figura 36: Gráfico de dispersão entre a média de perfurações/médias de arranhões.

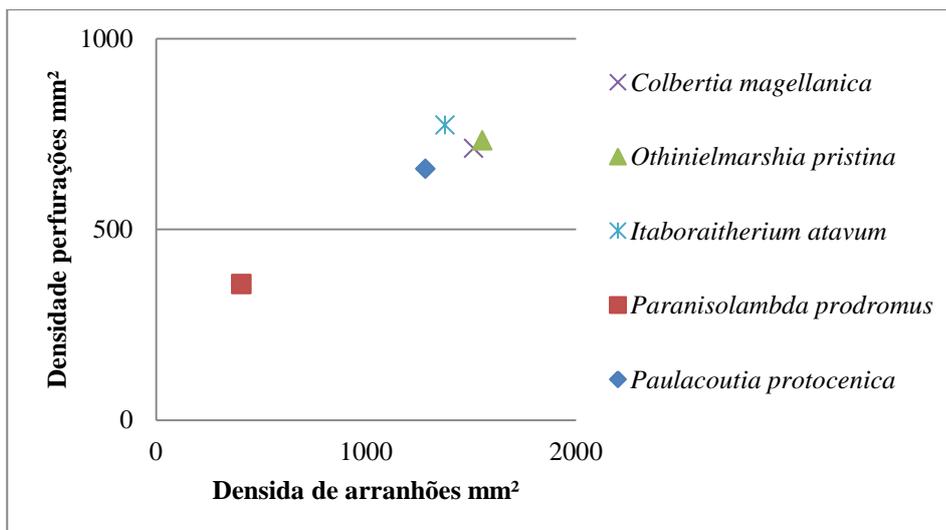


Figura 37: Gráfico de dispersão entre a densidade de perfurações (mm²)/densidade de arranhões (mm²).

Quando analisadas conforme seu tamanho (Figs. 38 e 39) foi possível notar que houve uma variação entre os notoungulados, porém dentro do esperado, pois *Colbertia magellanica* é a maior espécie dentre os notoungulados, e tem seu tamanho próximo ao de *Paulacoutoia protocenica*. Esse tamanho similar se mostrou também em um tamanho similar tanto para o comprimento quanto para a largura dos arranhões. Já a espécie com o menor tamanho das marcas foi *Itaboraitherium atavum*, que segundo Bergqvist & Aquino (2010), apresenta um tamanho cerca de 20% que *C. magellanica*. Por fim, a espécie com os maiores molares, *Paranisolambda prodromus*, apresentou as maiores marcas. Esse efeito do tamanho se mostrou independentemente da quantidade de marcas, pois, mesmo tendo menor densidade de marcas, o tamanho do molar de *P. prodromus* foi o fator condicionante para o tamanho dos arranhões.

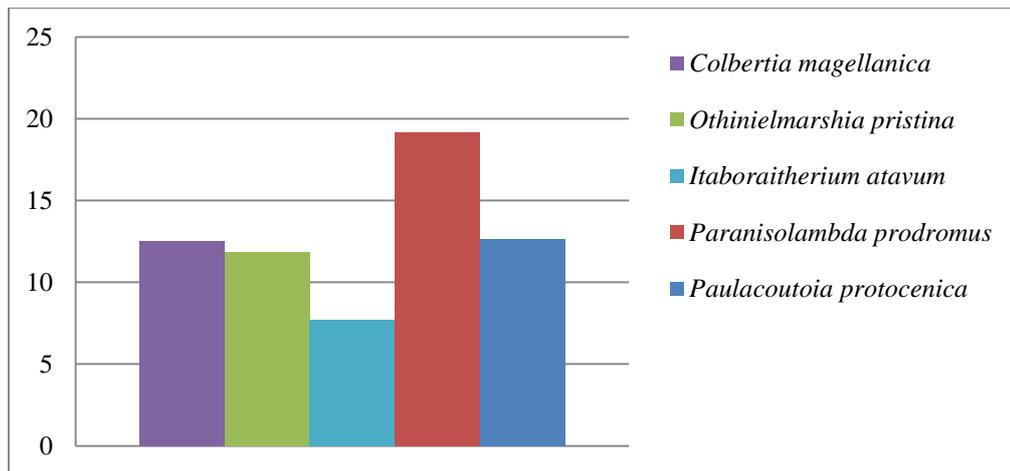


Figura 38: Média do comprimento dos arranhões, em micron.

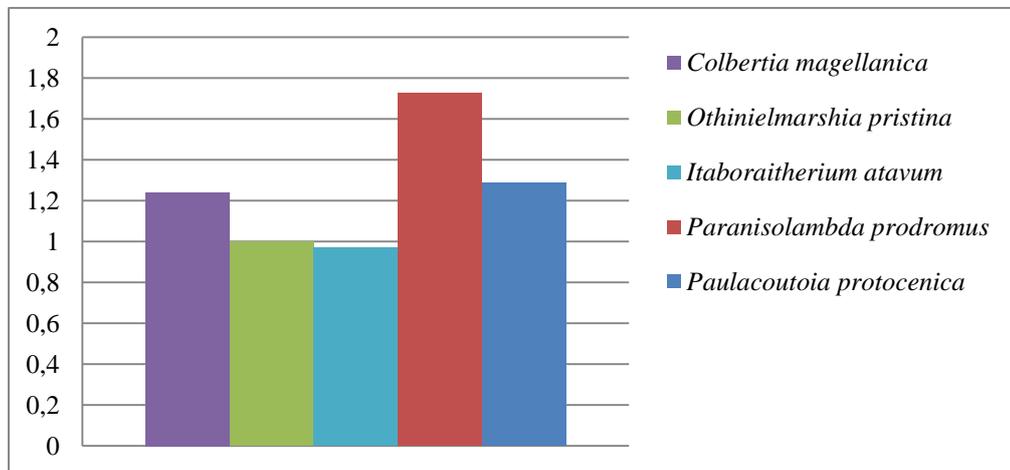


Figura 39: Média da largura dos arranhões, em micron.

Os valores de densidade das espécies aqui analisadas foram comparados com outros grupos fósseis e recentes (Figs. 40 e 41 e Tabela 5). A comparação dos valores de densidade é a análise mais utilizada na literatura (*e.g.* Mainland, 1998; Solounias *et al.*, 2000; Rivals & Deniaux, 2003) para observação de possível tendencialmento das espécies a se agruparem como pastadoras ou ramoneadoras.

A linha de tendência dos ramoneadores (Fig. 40) mostra claramente que, apesar da variação na densidade, este grupo apresenta uma distribuição clara, apenas apresentando um aumento de maneira linear. Ficou claro também que para os ramoneadores é sempre mantida uma proporção próxima de 1:1 entre as marcas, que é uma característica deste grupo. Diferentemente dos ramoneadores, os pastadores nesse tipo de análise não apresentam nenhum padrão específico para sua dispersão.

Tabela 5: Tabela de densidade de marcas, elaborado a partir de Rivals & Deniaux (2003) (Fonte: Mainland, 1998; Solounias *et al.*, 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino *et al.*, 2011a e Aquino *et al.*, 2011b).

Espécie	Categoria Alimentar	Densidade (marcas/mm ²)		Referência
		Arranhões	Perfurações	
<i>Litocranius walleri</i>	Ramoneador	342	668	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Cephalophus dorsalis</i>	Ramoneador	626	569	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Boocercus euryceros</i>	Ramoneador	384	485	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Tragelaphus imberbis</i>	Ramoneador	436	507	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Cephalophus niger</i>	Ramoneador	497	495	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Tragelaphus strepsiceros</i>	Ramoneador	542	408	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Okapia johstoni</i>	Ramoneador	592	401	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Cephalophus silvicolus</i>	Ramoneador	683	260	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Giraffa camelopardalis</i>	Ramoneador	342	101	Solounias <i>et al.</i> , 2000
Ruminantes Ramoneadores	Ramoneador	754	833	Mainland, 1998
<i>Kobus ellipsiprymnus</i>	Pastador	1037	651	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Connochaetes taurinus</i>	Pastador	1069	252	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Tetracerus quadricornis</i>	Pastador	1032	240	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Bison bison</i>	Pastador	1351	361	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Hippotragus niger</i>	Pastador	1366	148	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Axis Axis</i>	Pastador	1332	82	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Cervus duvauceli</i>	Pastador	1431	74	Solounias <i>et al.</i> , 2000
Rumiantes pastadores	Pastador	2024	317	Mainland, 1998
<i>Ovis canadensis</i>	Pastador	1235	1005	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Ourebia ourebia</i>	Pastador	723	324	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Syncerus caffer</i>	Pastador	795	356	Solounias <i>et al.</i> , 2000

Espécie	Categoria Alimentar	Densidade (marcas/mm ²)		Referência
		Arranhões	Perfurações	
<i>Boselaphus tragocamelus</i>	Mista	2463	545	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Capra ibex</i>	Mista	1790	354	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Cervus canadensis</i>	Mista	1960	176	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Cervus unicolor</i>	Mista	1856	25	Solounias <i>et al.</i> , 2000
<i>Ovis ammon antiqua Fs</i>	Pastador	1426	28	Rivals & Deniaux, 2003
<i>Ovis ammon antiqua Fb</i>	Pastador	1420	46	Rivals & Deniaux, 2003
<i>Colbertia magellanica</i>		1513	712	Aquino <i>et al.</i> , 2011b
<i>Othnielmarshia pristina</i>		1554	733	Aquino <i>et al.</i> , 2011a
<i>Itaboratherium atavum</i>		1378	773	
<i>Paranisolambda prodromus</i>		407	356	Aquino <i>et al.</i> , 2011a
<i>Paulacoutoia protocenica</i>		1283	658	Aquino <i>et al.</i> , 2011a

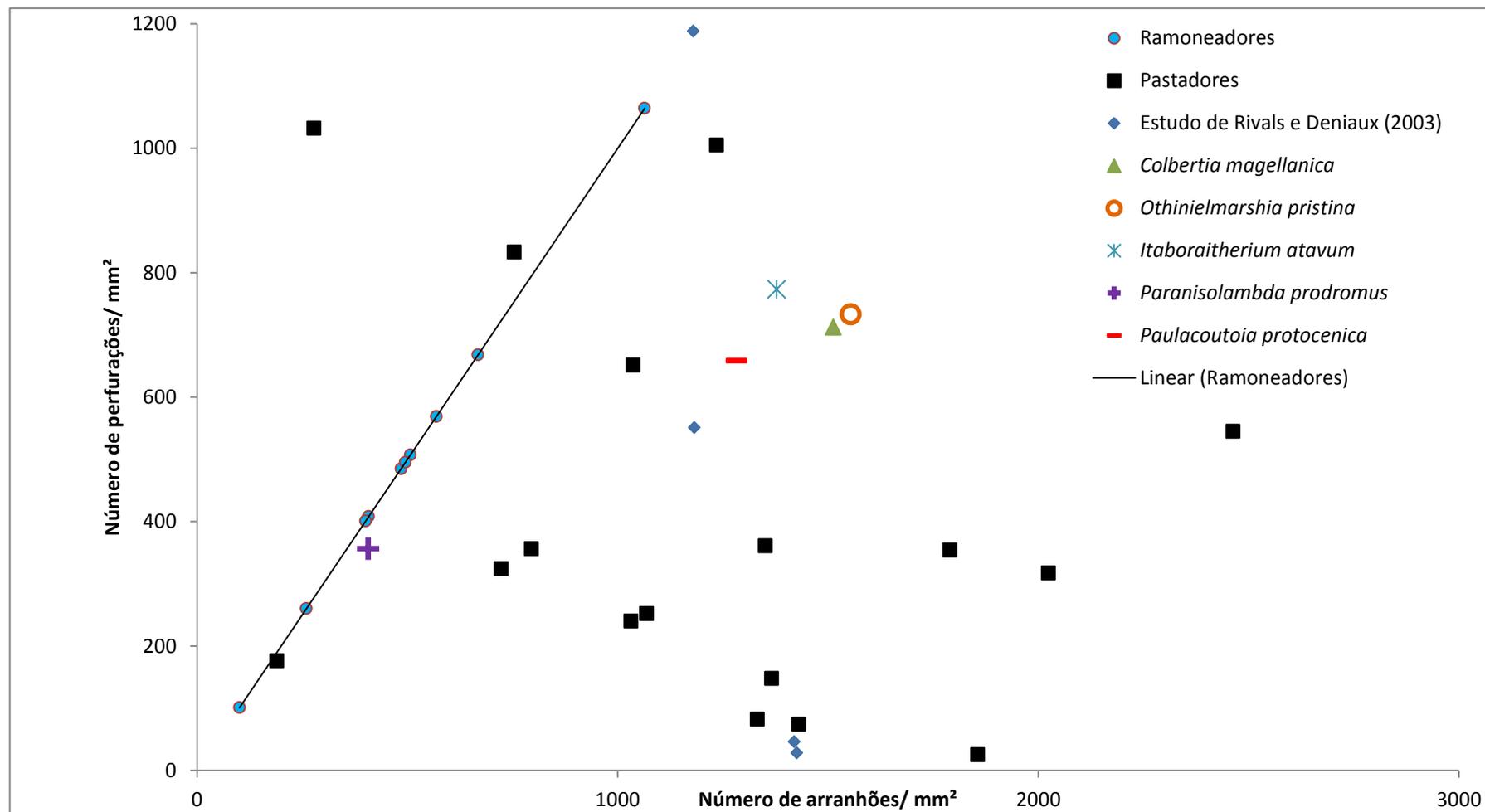


Figura 40: Diagrama de dispersão bivariado, linha de tendência dos ramoneadores (Fonte: Mainland, 1998; Solounias et al., 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino et al., 2011a e Aquino et al., 2011b)

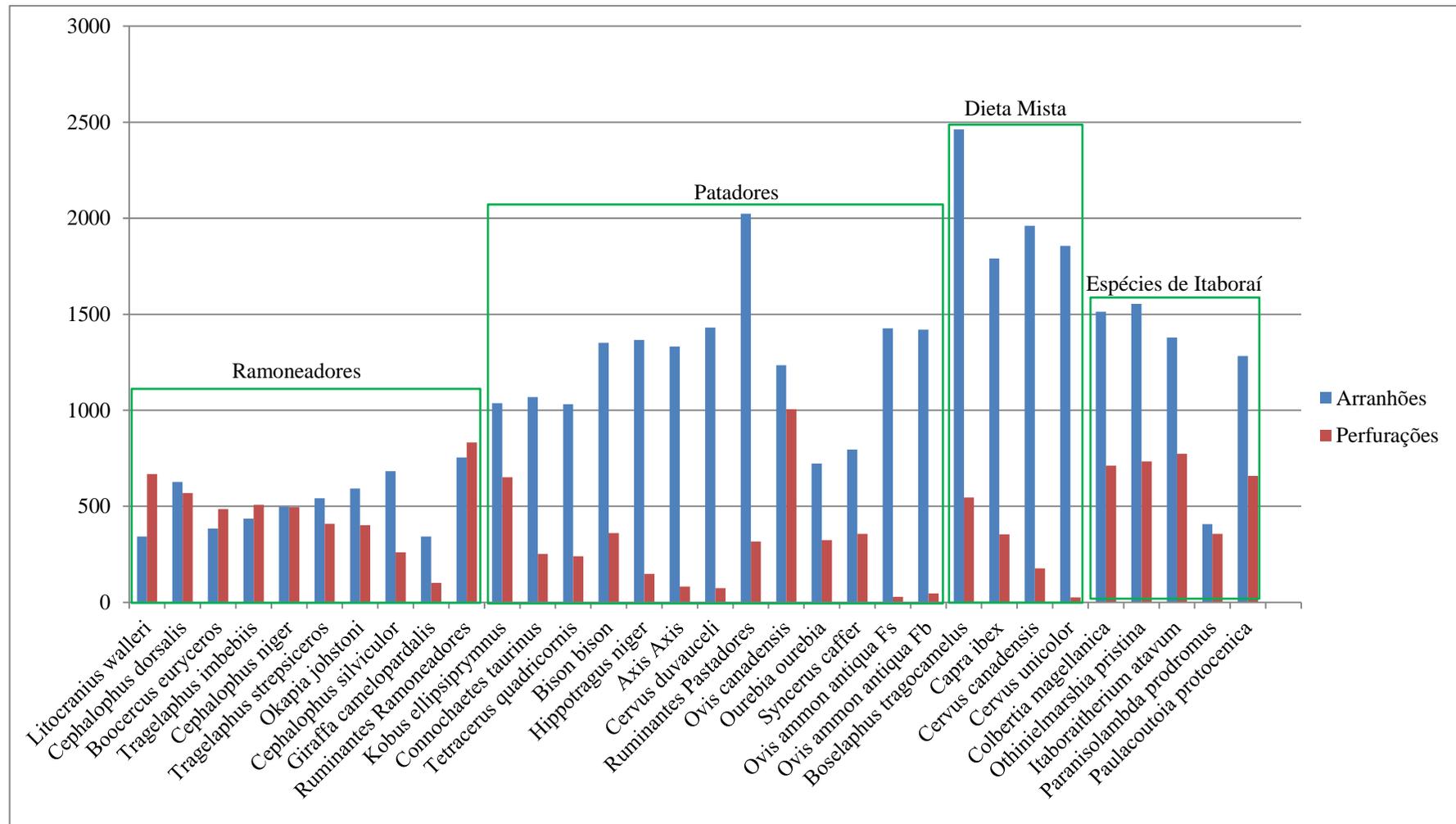


Figura 41: Gráfico de barras de densidades/mm² (Fonte: Mainland, 1998; Solounias et al., 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino et al., 2011a e Aquino et al., 2011b).

O teste de análise de variância (ANOVA) (Tabelas 6 e 7) mostrou que, apesar de distintas, as densidades das marcas observadas nos dentes das espécies de Itaboraí não são significativamente diferentes entre si $P > 0,05$.

Tabela 6: Análise de variância entre as cinco espécies de Itaboraí (ANOVA). G.L. = Grau de Liberdade.

Teste de Falta de Ajuste	G.L.	Soma Quad	Quadrado Médio	Estat. F	P
Espécie	5	343195,0	85798,7	1,5	0,2
Resíduos	10	570072,6	57007,2		
Falta de ajuste	0	0			
Erro	10	570072,6	57007,2		

Tabela 7: Intervalo de confiança dos Efeitos.

Espécie	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
<i>Colbertia magellanica</i>	405,1	712,3	1019,4
<i>Othnielmarshia pristina</i>	425,5	732,6	1039,8
<i>Itaboraitherium atavum</i>	466,5	773,6	1080,8
<i>Paranisolambda prodromus</i>	45,51	352,6	659,8
<i>Paulacoutoia protocenica</i>	350,8	658	965,1

A partir dos dados das Tabelas 5 e 6 foi possível gerar um gráfico de Efeitos (Fig. 42), no qual é possível observar o comportamento das espécies analisadas, com relação as suas densidades. Nesse gráfico é possível observar, que os notoungulados, apresentam comportamento similar. *Paulacoutoia protocenica* apresentou limites parecidos com os notoungulados de Itaboraí, porém *Paranisolambda prodromus* teve um comportamento contrastante, que foi responsável pela curva gerada no gráfico.

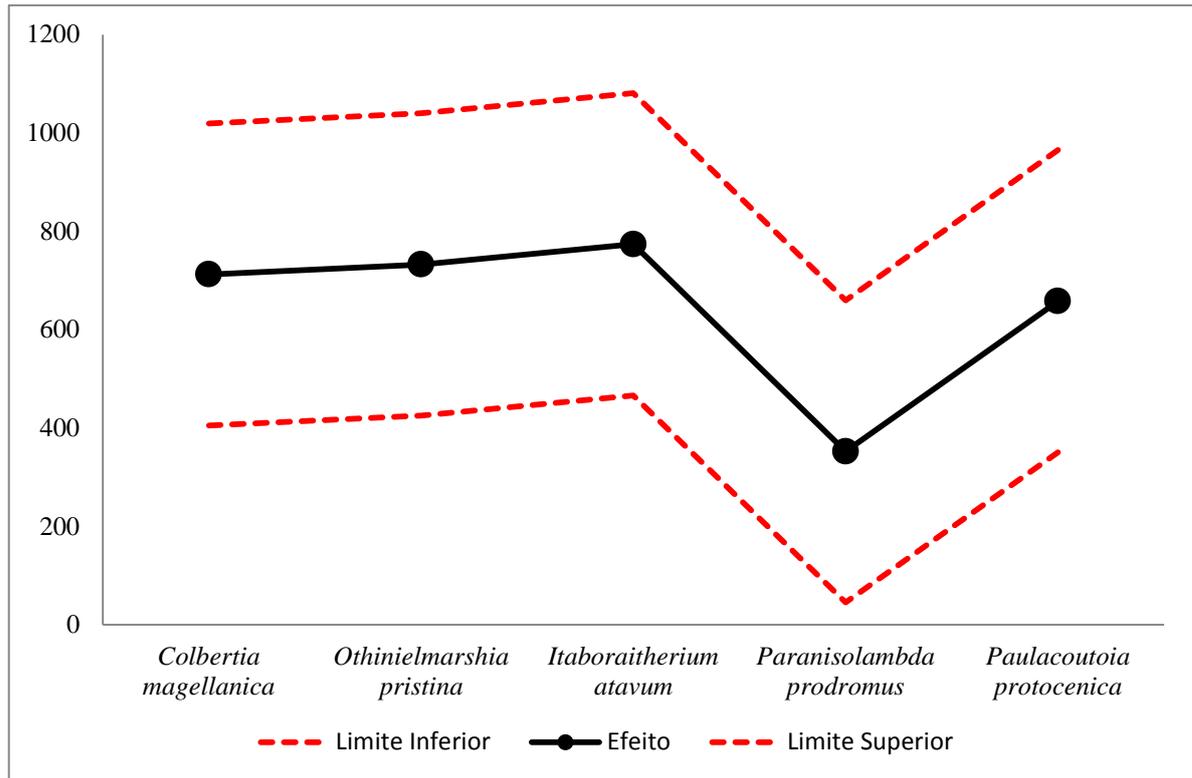


Figura 42: Gráfico de efeitos (ANOVA).

5.3. ANÁLISE ISOTÓPICA

Segundo Janis *et al.* (2000) e MacFadden (2000), análises isotópicas tem se mostrando um excelente recurso para estudos paleoambientais, sendo utilizadas para inferir a provável via metabólica (C3/C4) utilizada pelas plantas, as quais eram consumidas pelas espécies de mamíferos estudadas.

A análise isotópica (Tabela 8) conduzida neste trabalho foi utilizada apenas para melhor entender a flora local, pois segundo Piperno (2006), vegetais C4 apresentam mais fitólitos que os C3. Dessa forma, se estivessem presentes na paleoflora organismos do tipo C4, esta seria mais resistente a ataques de herbívoros (Jones & Handreck, 1967; Epstein 1999). A análise dos isótopos de carbono permite separar as Poaceae C3 que se desenvolvem em florestas, das gramíneas C4 que se desenvolvem em campos (Lu & Liu, 2003).

Tabela 8: Dados da análise isotópica.

Amostra	Peso (µg)	Carbono		Oxigênio	
		Análise Delta	Desvio Padrão	Análise Delta	Desvio Padrão
<i>C. magellanica</i>	1989	-8,3	0,06	-4,0	0,10
<i>C. magellanica</i>	1636	-8,2	0,05	-3,6	0,08
<i>C. magellanica</i>	1709	-8,1	0,08	-3,6	0,07
<i>C. magellanica</i>	1522	-8,2	0,04	-4,0	0,08
<i>P. protocenica</i>	1880	-8,2	0,05	-4,3	0,10
<i>P. protocenica</i>	1799	-8,3	0,08	-4,2	0,09
<i>P. protocenica</i>	1984	-8,2	0,06	-3,7	0,09
<i>P. protocenica</i>	1956	-8,3	0,02	-3,9	0,09
<i>P. prodromus</i>	1955	-8,3	0,07	-3,7	0,11
<i>P. prodromus</i>	1693	-8,6	0,07	-3,3	0,08
<i>P. prodromus</i>	1752	-8,6	0,09	-3,8	0,10
<i>P. prodromus</i>	2025	-8,5	0,07	-3,8	0,07

Como é possível observar, os valores de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) se apresentaram muito próximos para os grupos analisados, o que é um indicativo de que o alimento que as espécies de Itaboraí aqui estudadas possuíam a mesma via metabólica, sendo todas do tipo C3.

5.4. DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

Esta análise objetivou encontrar alguma diferença na estrutura do esmalte que pudesse justificar a maior frequência de dentes com mais intensidade de desgaste (a nível macro e microscópico) em *Colbertia magellanica*. Nenhuma variação significativa foi observada em relação à *Paranisolambda prodromus*, pois, como é mostrado nos difratogramas abaixo (Figs. 42 e 43), ambas as amostras apresentam picos em fases iguais, pois possuem a mesma composição mineralógica, porém com ligeira diferença na altura (intensidade) devido à quantidade dos minerais presentes em cada amostra (Garcia Jr., com. pes.).

São encontrados em ambas as amostras hidroxiapatita – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, que é presente na composição de ossos e dentes, além de calcita – CaCO_3 .

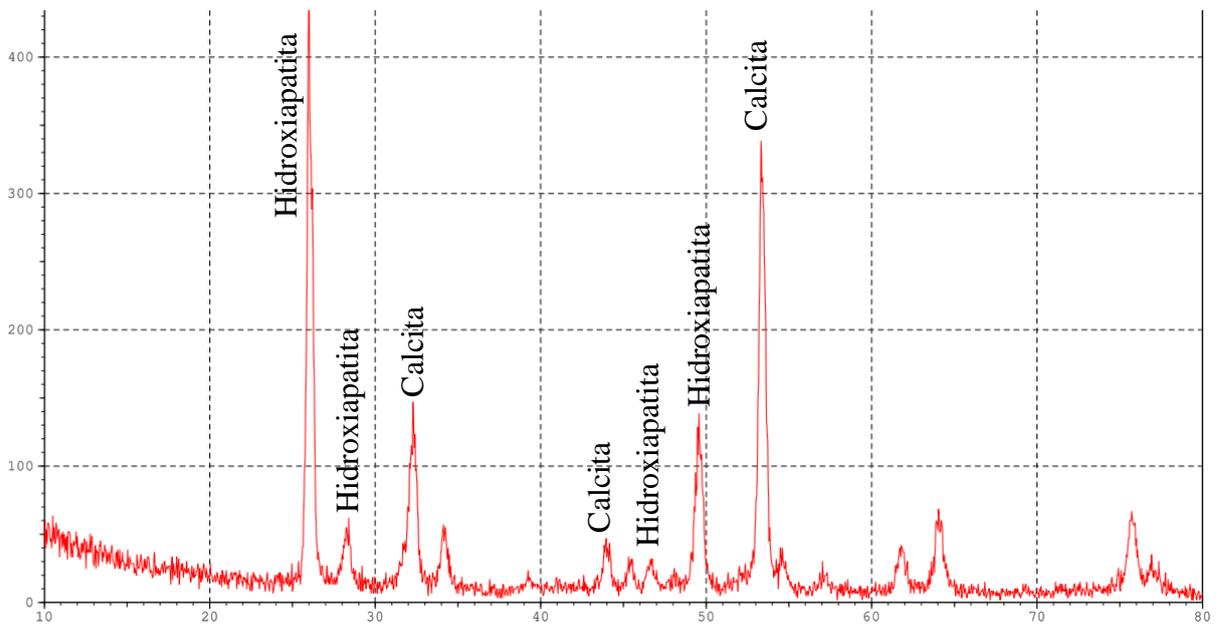


Figura 43: Difratoograma de *Colbertia magellanica*.

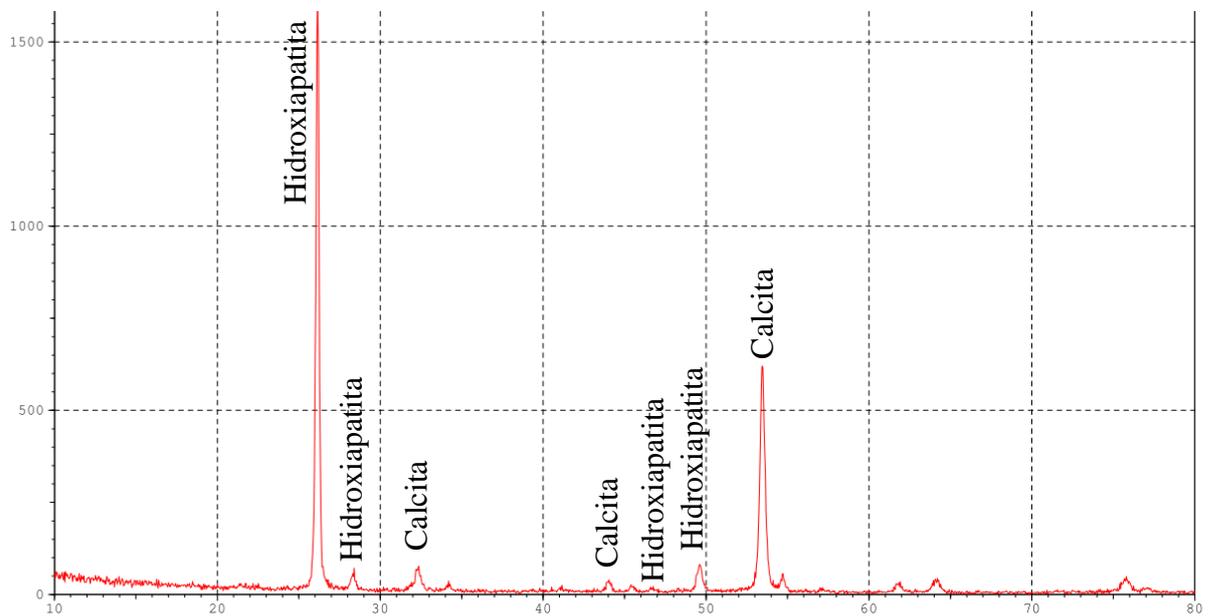


Figura 44: Difratoograma de *Paraniolambda prodromus*.

Nota-se que *C. magellanica* apresenta picos de calcita e de hidroxiapatita como *P. prodromus*, porém esta apresenta picos mais altos, indicando uma maior quantidade destes minerais, mas como os minerais presentes em maior concentração são os mesmos, não podemos dizer que *P. prodromus* apresenta um esmalte mais resistente que *C. magellanica*.

6. DISCUSSÃO

6.1. ENTENDENDO OS MECANISMOS DE DESGASTE E O SEU CONTROLE

Com a análise macroscópica foi possível estabelecer o padrão para o desgaste dentário de cada uma das espécies aqui estudadas, mas mais importante que isso, foi possível observar que existe uma variação da intensidade do desgaste entre indivíduos da mesma espécie e entre espécies da mesma ordem, como no caso dos notoungulados.

Bergqvist (1996) propôs uma quantificação do desgaste dentaria para os “Condylarthra” e os Litopterna da Bacia de Itaboraí, mas utilizando critérios e classes diferentes das aqui propostas. Seus critérios se baseavam apenas na intensidade “geral” do desgaste, sem apresentar, como feito aqui, a sequência de desgaste pelas cúspides e cristas. Com exceção das classes “sem desgaste” e “totalmente desgastado”, as outras duas classes propostas por esta autora (dentes com médio e muito desgaste foram incluídos em uma única classe) são mais subjetivas que as aqui propostas.

De acordo com Bergqvist (1996), as espécies aqui analisadas com fins de comparação com os Notoungulata (*Paranisolambda prodromus* e *Paulacoutoia protocenica*) apresentavam mais de 50% dos molares (M1 e M2) sem desgaste ou com pouco desgaste e nenhum dente completamente desgastado. Além disso, esta autora aponta que *P. protocenica* teria uma maior desgaste que *P. prodromus*, porém, isto não ocorre nas análises aqui realizadas, como demonstrado nas Figs. 45 e 46, nas quais os gráficos das Figs. 21 e 28 foram refeitos, utilizando-se apenas os dados referentes aos M1, e excluindo o material sem desgaste.

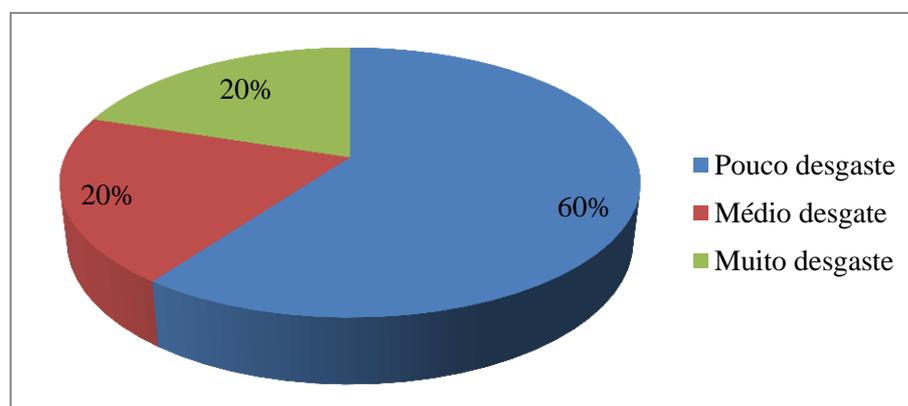


Figura 45: Gráfico de setores, com percentual de desgaste do M1, com pouco desgaste (classe 1-2), médio desgaste (classe 3) e alto desgaste (classes 4-5) de *Paulacoutoia protocenica*.

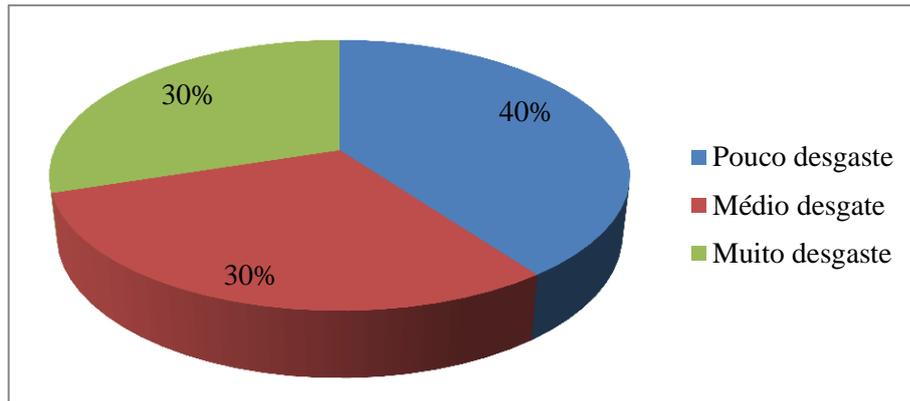


Figura 46: Gráfico de setores, com percentual de desgaste do M1, com Pouco desgaste (classe 1-2), médio desgaste (classe 3) e alto desgaste (classes 4-5) de *P. prodromus*.

Quando comparado com Bergqvist (1996), *P. prodromus* mostrou 77% do material com pouco desgaste e *P. protocenica* 60%. Porém a autora não diferencia o médio desgastado do muito desgastado, e para essa classe o desgaste apresentado foi de 23% e 40% respectivamente. As classes são um critério subjetivo, e, além disso, a autora não mostra como foram estabelecidas as classes, dessa forma a diferença apresentada provavelmente se deve aos critérios adotados para a análise. Outro fator importante é a seleção do material, na análise conduzida neste trabalho, materiais com qualquer tipo de alteração foram retirados da análise, como dito na metodologia. Vale ressaltar que nenhuma das espécies apresentou material completamente desgastado.

Quando estas espécies são comparadas com *Colbertia magellanica* (vide Aquino, 2010), é possível notar a grade divergência de intensidade do macrodesgaste, uma vez que esta espécie apresentou mais de 60% de dentes em classes de alto desgaste (Classes 4-5), além de apresentar material completamente desgastado, o que reforça observações anteriores da grande incidência de macrodesgaste dentário nesta espécie.

Já em *Itaboraitherium atavum* e *Othnielmarshia prisitina* é possível notar que os poucos dentes analisados apresentam grande desgaste (Classe 5), porém a falta de material deixa pouca segurança quanto ao padrão real do desgaste na assembleia.

No entanto, é notável que os notoungulados, principalmente *C. magellanica*, apresentam um desgaste muito mais intenso, quando comparados com os demais ungulados da Bacia de Itaboraí. Isto ocorre independente da morfologia (bunodonte ou lofodonte), pois *P. prodromus* possui uma morfologia dentária similar a dos notoungulados, porém seu desgaste é bem menor que o destes.

Line & Bergqvist (2005) analisaram o padrão das bandas de *Hunter-Schreger* (HSB) nos ungulados da Bacia de Itaboraí. Essas bandas representam o arranjo de como os prismas estão dispostos formando as camadas do esmalte. Os autores apontam para a existência de dois padrões, HSB dispostas horizontalmente ou verticalmente, todas as espécies aqui analisadas apresentam o mesmo padrão (horizontal), dessa forma a disposição das HSB, teve pouco ou nenhuma influencia no desgaste destas espécies. Chama atenção também que o padrão de bandas vertical foi somente encontrado nas espécies de maior porte da bacia.

A análise de difratometria de raios-x também não foi capaz de mostrar uma diferença na estrutura do esmalte que justificasse a diferença nos desgastes encontrados. Foram analisadas as duas espécies com o desgaste contrastante, *C. magellanica* e *P. prodromus*. Avaliando o difratograma, foi possível notar que os picos, que apresentam os comprimentos de onda referente ao mineral encontrado, variam basicamente em altura, ou seja, variam apenas em relação à proporção dos minerais, não apresentando nenhum mineral que justifique uma maior resistência à abrasão.

Além disso, diversos autores (*e.g.* Brophy & Nash, 1968; Reichel *et al.*, 2005 e Alves, 2007) aplicaram a difratometria de raios-x para análises de paleoambiente e principalmente para inferir o tipo de fossilização presente no material, desta forma torna-se difícil a comparação entre outros autores e os resultados aqui obtidos, uma vez que neste trabalho foram utilizados unicamente para avaliar diferenças na estrutura dos minerais que justificassem uma maior resistência.

Da mesma forma, os dados da análise de carbono não sustentam a diferença do desgaste, pois segundo MacFadden (2005) os valores encontrados para o carbono, são característicos de vegetais que apresentam via metabólica do tipo C3, como já era esperado, uma vez que o material é de idade paleocênica e os vegetais C4 somente surgem no Oligoceno (Linder & Rundall, 2005 e Edwards *et al.*, 2010). Resta então avaliar o microdesgaste, para estimar o quanto a dieta e os hábitos alimentares podem influenciar no desgaste.

Uma das principais contribuições que o estudo do microdesgaste pode trazer é a possibilidade de inferir com maior acuidade a paleodieta das espécies analisadas, a partir de comparações com animais recentes cuja dieta é conhecida. Como observado na Figs. 36 e 37, as espécies da Bacia de Itaboraí formaram dois grupos distintos, um compreendido por todos os notoungulados (*Colbertia magellanica*, *Othnielmarshia pristina*, *Itaboraitherium atavum*)

além da espécie *Paulacoutoia protocenica*, e o outro somente por *Paranisolambda prodromus*. Considerando a morfologia dentária, este padrão encontrado não era o esperado, uma vez que *P. protocenica* apresenta uma dentição distinta (bunodonte) e *P. prodromus* apresenta uma dentição bunolofonte, como os notoungulados. O agrupamento de *P. protocenica* com os notoungulados foi sustentado pela predominância de marcas do tipo arranhão em relação às marcas de perfuração (densidade acima de 1000 arranhões por mm²), enquanto *P. prodromus*, apresenta menos de 500 arranhões por mm² e uma distribuição mais homogênea (~1:1) de arranhões e perfurações.

Provavelmente, o desgaste presente nos dentes dos notoungulados da Bacia de Itaboraí deve estar relacionado ao seu hábito alimentar, uma vez que os dentes possuem um alto nível de desgaste macroscópico e, principalmente, alta densidade de arranhões. A constatação de Piperno (2006), de que o desgaste dentário nos herbívoros é causado por partículas abrasivas, em geral associadas aos fitólitos, que são ricos em sílica (também chamados de silicofitólitos), reforça esta hipótese. Pode-se dizer então que um grande número de arranhões está associado ao hábito pastador, uma vez que os animais classificados como pastadores possuem uma alimentação abrasiva, ou seja, rica em vegetais com fitólitos (Walker *et al.* 1978; Solounias *et al.* 1988; Solounias & Moelleken, 1992 e Billet *et al.*, 2008 e 2009).

Baker *et al.* (1959) e Goillot *et al.* (2009) apontam a existência de duas principais hipóteses para explicar a origem das marcas de microdesgaste: a primeira hipótese seria a de que os fitólitos causariam o desgaste abrasivo; a segunda seria de que os fitólitos não seriam capazes de causar abrasão no esmalte, mas sim os detritos associados a alimentação.

Para a primeira hipótese apontada por Baker *et al.* (1959) e Goillot *et al.* (2009), Pinto-Llona (2006) considera que a alta concentração de arranhões se deve à ingestão de gramíneas ou de plantas que contenham fitólitos. Assumindo que os fitólitos são mais rígidos que o esmalte dos mamíferos, assim, Walker *et al.* (1978) diz que o consumo de gramíneas e outra famílias ricas em fitólitos, causam inúmeros arranhões, como observado pelo autor em dentes de pastadores, já o mesmo não foi observado com os dentes de ramoneadores.

É importante ressaltar que os fitólitos (sílica) são corpos siliciosos formados por opala biogênica (SiO₂.nH₂O; Piperno, 2006). As principais acumuladoras de Si e produtoras de fitólitos são as Poaceae, mas outras famílias de monocotiledôneas e algumas dicotiledôneas também acumulam quantidades expressivas de sílica (Runge, 1999).

A decomposição dos silicatos e, também em menor escala, a fraca dissolução do quartzo, liberam ácido silícico pseudo-solúvel no solo (Lepsch & Buol, 1972). Este é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico, sendo convertido dentro da célula vegetal em um polímero, em gel e por fim em opala, podendo estar depositada tanto no interior como fora da célula, além de compor a parede celular (Lepsch & Paula, 2006).

Complementando a possibilidade dos fitólitos causarem abrasão, Danielson & Reinhard (1998) mostram outro tipo de fitólito envolvido na formação de arranhões no esmalte dos herbívoros – os cristais de oxalato de cálcio, o mineral insolúvel mais abundante nos vegetais (Korth *et al.*, 2006) e mais duro que o esmalte (4.5 – 5.0 na escala de Mohs). Segundo Korth *et al.* (2006), cristais de oxalato de cálcio estão presentes em diversos organismos fotossintetizantes, porém são ainda pouco estudados por serem menos significativos taxonomicamente.

Mainland (2003) observou em ovelhas que, durante sua alimentação, ingerem junto com os vegetais muitas partículas inorgânicas, e estas partículas geram arranhões. Para Sanson *et al.* (2007), os fitólitos de sílica são mais fracos que o esmalte dos mamíferos, e devido a isso todos os arranhões presentes na superfície dos dentes teriam origem exclusiva nos detritos ingeridos junto com os vegetais. Complementando essa possibilidade Billet *et al.*, (2008 e 2009) e Goillot (2009) apontam a possibilidade de partículas provenientes cinzas vulcânicas como agente abrasivo.

Contradizendo Sanson *et al.* (2007), Goillot *et al.* (2009) chama atenção para o grande número de arranhões apresentados pelo urso panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca* David, 1869), uma espécie herbívora que se alimenta quase que exclusivamente de bambu (Poaceae, Bambusoideae). Como ele come todas as partes da planta exceto os rizomas, que estão enterrados, a quantidade dos arranhões observados não pode ser atribuída à ingestão de solo ou de partículas detríticas. No entanto, o bambu é uma das plantas do grupo das grandes produtoras de fitólitos (Pirperno, 2006). Já o panda-vermelho (*Ailurus fulgens* F. Cuvier, 1825), segundo Goillot *et al.* (2009), também possui diversos arranhões, mas uma alimentação restrita a brotos e folhas de diferentes famílias (não apenas da subfamília Bambusoideae). Estes autores ressaltam que nenhuma destas espécies se alimenta próxima ao solo, o que permite descartar que as marcas sejam produzidas por sedimentos. Por outro lado, a lontra (*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) é de hábito piscívoro, mas tem o hábito de forragear próximo ao solo, porém, apresenta pouca densidade de marcas (25 arranhões de média).

Richardson (1968), utilizando a escala de dureza de Vickers, mostra que objetos de metal com dureza alta podem sofrer abrasão por outros de dureza um pouco mais baixa. O autor em seu trabalho mostra, por exemplo, que o aço 42, com dureza de 813 kg/mm², pôde ser desgastado por uma lixa de vidro (dureza de 590 kg/mm²). O autor ressalta que o tamanho da partícula e a constância da abrasão influenciam no resultado.

A escala de dureza de Vickers é mais utilizada em metais e cerâmicas, da mesma forma que a escala de Knoop, que é relativamente equivalente àquela. As referências em outros materiais utilizando essa escala são muito raras, porém Danassollo *et al.* (2007) testam a dureza do esmalte de dentes humanos e bovinos aplicando a escala de Knoop. Esses autores obtiveram uma dureza de 341 kg/mm² e de 326 kg/mm² para o esmalte de dentes permanentes humanos e de bovinos, respectivamente. Segundo eles, as diferenças encontradas na dureza não se mostraram significantes para as diferentes espécies, porém os autores chamam a atenção para a idade do animal, que pode gerar diferenças no grau de mineralização do esmalte e o volume de poros presentes no esmalte.

Utilizando a tabela de conversões da American Society for Testing and Materials (ASTM – International) E140 (2007), pode-se obter o valor da dureza do esmalte na escala de Vickers, que é de 336 kg/mm², para o esmalte dos humanos (tendo sido utilizado para comparação, uma vez que se mostrou com a dureza ligeiramente maior que a dos bovinos).

A apatita apresenta dureza 5 e a Opala dureza 5-6 na escala de Mohs (Dana & Hurlbut, 1960), porém os trabalhos não apontam para um valor de dureza do esmalte (hidroxiapatita) nessa escala. Utilizando o valor de dureza para o esmalte obtido por Danassollo *et al.* (2007), foi feita a conversão da escala de Vickers para a escala de dureza de Mohs com base no trabalho de Taylor (1949). Desta forma, a dureza do esmalte seria 4-5 na escala de Mohs, ou seja, menor que a apresentada pelos fitólitos de sílica e de oxalato de cálcio. Esta conclusão contraria o que foi dito acima por Sanson *et al.* (2007).

Outra hipótese foi aventada por Kay & Covert (1983), com base em observações de animais em cativeiro. Estes autores constataram que a ingestão de insetos pode provocar marcas de desgaste similares a dos fitólitos, devido à grande dureza da quitina.

A origem das marcas pode ser relacionada ainda, ao grau de rigidez do alimento, pois o consumo de partes muito duras das plantas (como galhos, caules e sementes) geram poucas marcas, tanto arranhões quanto perfurações, além disso, organismos frugívoros apresentam quantidades moderadas de marcas, porém frutas com sementes muito duras tende a gerar

marcas de perfuração ovoides e grandes, bem características, mostrando que a dieta pode gerar marcas específicas, como também a alimentação com frutas cítricas pode fazer com que parte das marcas sejam perdidas devido a ação do ácido (Kay, 1987; Teaford, 1988 e Solounias & Semprebon, 2002).

Por fim, Pérez-Barbería & Gordon (1998) e Rivals & Deniaux (2003) assinalam que espécies com alimentação muito dura (parte muito lignificadas do vegetal) precisam de maior força de compressão na mordida, o que gera mais marcas e eventualmente maior desgaste, o que sugere que muitas vezes a mastigação é um fator condicionante a formação de marcas, sendo, muitas vezes, uma forte influencia na formação das marcas.

Em síntese, não há nenhuma razão para excluir a relação direta entre os arranhões tanto com o sedimento quanto com os fitólitos, porém devem-se considerar também outros fatores, como os movimentos verticais da mandíbula, que produziriam perfurações, enquanto os movimentos horizontais associados ao alimento ou a partículas abrasivas produziram os arranhões. A predominância de arranhões encontrados nos ungulados sul-americanos pode ser associada também aos movimentos mastigatórios sub-horizontais, em resposta a uma alimentação muito abrasiva (Billet *et al.*, 2009). Porém, o trabalho conduzido por Townsend & Croft (2008) apresenta resultados bem diferentes dos de Billet *et al.* (2009), com relação aos notoungulados. Analisando três espécies de notoungulados da Formação Santa Cruz, na Argentina, aqueles autores encontraram poucos arranhões nas amostras, o que os levou a uma classificação de ramoneadores para as espécies estudadas.

Com base no apresentado acima é possível notar que não há um consenso quanto à origem das marcas, porém é possível observar que o desgaste se refere diretamente à alimentação do animal, mesmo que não seja totalmente produzido pela sua dieta. Porém, fica claro que mesmo não sendo o único responsável, os vegetais que possuem fitólitos são um dos fatores que geram arranhões nos notoungulados.

6.2. INTERPRETAÇÃO PALEOECOLOGICA

Os dados de densidade de diferentes espécies (Tabela 8) possibilita comparar os resultados aqui obtidos com os de outros autores, a fim de melhor interpretar os hábitos alimentares e a dieta dos notoungulados da Bacia de Itaboraí. Pode-se notar que a maioria das espécies, que segundo os autores, são pastadoras, apresenta uma alta densidade de arranhões.

Por outro lado, as espécies ramoneadoras apresentam valores próximos entre os arranhões e as perfurações, na proporção de 1:1, podendo em alguns casos chegar a uma maior quantidade de perfurações.

Foi possível notar que quando agrupados conforme seu padrão de alimentação (Fig. 42) os grupos de pastadores e de ramoneadores se organizam de maneira bem distinta. Os notoungulados de Itaboraí apresentam uma alta quantidade de marcas, porém com uma predominância de arranhões, comparável com as espécies de pastadoras atuais.

As espécies de notoungulados da Bacia de Itaboraí apresentam uma predominância de arranhões, porém demonstraram também várias perfurações. Solounias *et al.* (2000) criaram a categoria de pastadores de altitude (representado apenas pela espécie *Ovis canadenses* (Shaw, 1804)) que também apresenta uma quantidade de perfurações muito elevada, sendo acima de todas as outras, porém mesmo para esta existe uma predominância de marcas do tipo arranhão (cerca de 20% a mais que as perfurações).

O grupo de animais de alimentação mista é incerto, porém, conforme a Fig. 47, os notoungulados de Itaboraí ficam dentro dos grupos dos pastadores, distantes dos animais de alimentação mista. A espécie *Paulacoutoia protocenica* também se agrupou com os notoungulados dentro dos pastadores.

Por outro lado, a espécie *Paranisolambda prodromus*, apresentou uma baixa densidade de marcas, principalmente de arranhões, e se agrupou junto com os demais ramoneadores. Esse resultado corrobora o apresentado no diagrama bivariado (Fig. 40), uma vez que *P. prodromus* ficou muito próximo da linha de tendência dos ramoneadores. Esse resultado foi diferente do esperado pois esta espécie apresenta morfologia dentária similar a dos notoungulados, porém sua dieta apresentou-se distinta, sendo menos abrasiva. Um ponto importante é que a presença de uma espécie com tão poucas marcas, principalmente de arranhões ajuda a minimizar os efeitos de uma possível interferência por sedimentos de origem vulcânica (cinzas) recobrando os vegetais locais, pois desta maneira todas as espécies apresentariam altos valores para a densidade de arranhões, como foi apresentado pelos notoungulados. Além disso, Sant'Anna & Riccomini (2001) e Sant'Anna *et al.* (2004) demonstraram que o Ankaramito que recobre a Bacia é proveniente do embasamento devido à reativação da falha, e não de uma atividade vulcânica, assim pode-se se excluir a possibilidade de cinzas como o principal agente causador de abrasão.

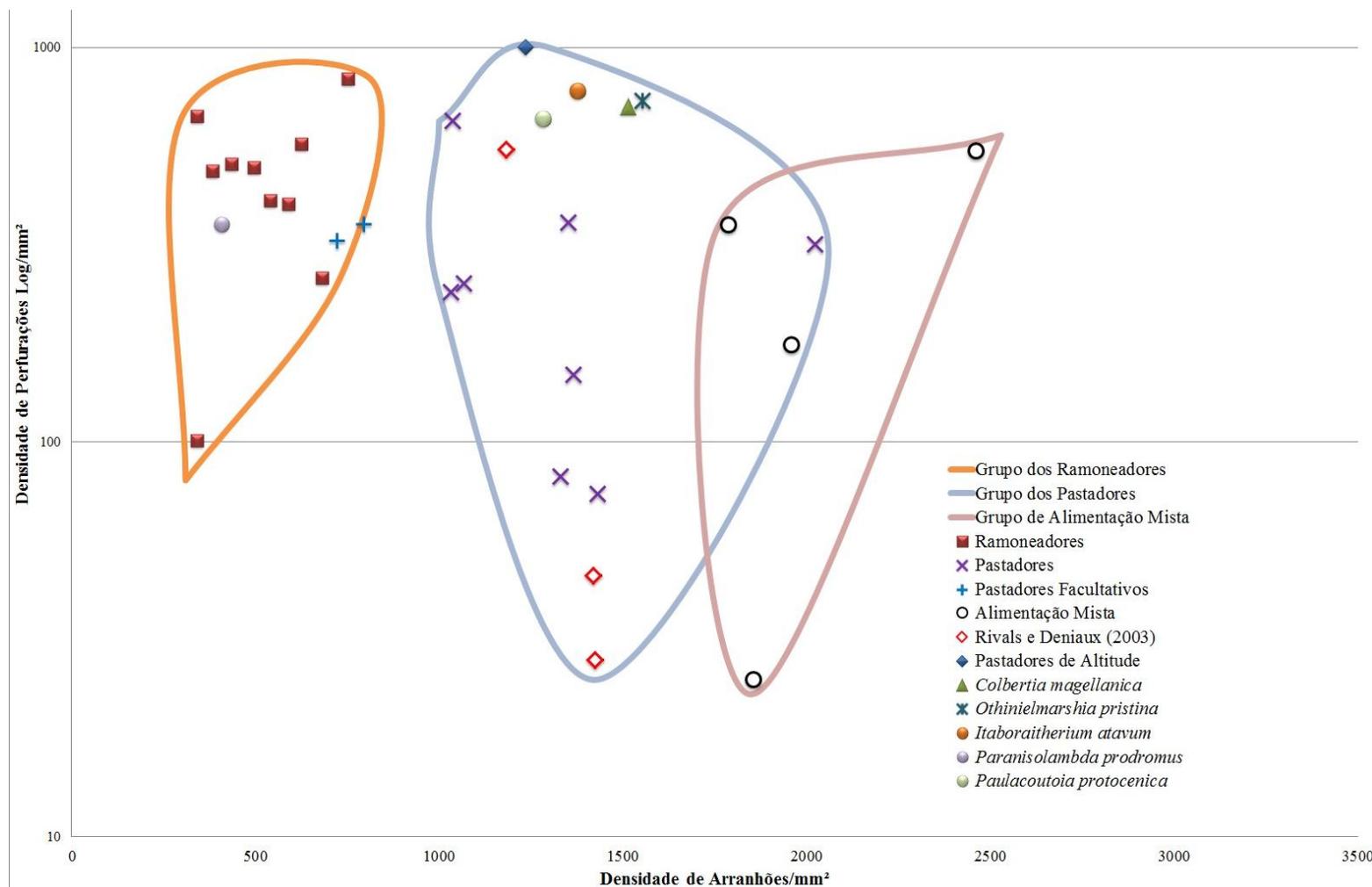


Figura 47: Gráfico com comparação de densidade de marcar (perfurações/arranhões) com diversos mamíferos, elaborado a partir de Rivals & Deniaux (2003) (Fonte: Mainland, 1998; Soloumias et al., 2000; Rivals & Deniaux, 2003; Aquino et al., 2011a e Aquino et al., 2011b).

Os valores de perímetro, dos notoungulados, se mostram menores que os apresentados por Solounias & Hayek (1993) onde os valores variam de 27,6 μ a 39,5 μ para os ramoneadores e de 21,6 μ a 60,5 μ para os pastadores. Em Rivals & Deniaux (2003) o perímetro varia de 14,8 μ a 21,5 μ . O reduzido tamanho das perfurações demonstra a ingestão de partículas muito duras associadas à alimentação, porém pequenas (Solounias & Hayek, 1993). Além disso, não é possível dizer se são provenientes de partes duras do vegetal como troncos e galhos ou de pequenas sementes, mas devido ao fato de apresentar poucas perfurações ovoides, é mais provável que sejam provenientes de partes rígidas, ao invés de sementes. Solounias & Hayek (1993) não apontam como esses valores foram medidos e a fórmula apresentada por Rivals & Deniaux (2003) se mostrou equivocada para o cálculo de curvas convexas fechadas, tanto circulares quanto elípticas, como demonstrado na metodologia.

Para tentar relacionar a quantidade de arranhões com a dieta se faz necessária uma avaliação da paleoflora local, para tentar identificar os possíveis agentes abrasivos, como os fitólitos de sílica. Uma vez que a análise de carbono aponta para a presença de vegetais C3 é importante buscar outros grupos que possam ser responsáveis pela produção de fitólitos, porém com via C3. Vale ressaltar que as Poaceae apresentam grande quantidade de sílica opalina em sua parede celular, porém isso não se restringe ao grupo das Poaceae C4, uma vez que toda a família apresenta essa característica. Além disso, outras famílias botânicas, como as Thyphaceae, Liliaceae e Arecaceae (monocotiledôneas) e Ulmaceae (dicotiledônea) também possuem impregnação de sílica na parede celular e são grandes produtoras de fitólitos (Baker *et al.*, 1959).

Lima & Souza-Cunha (1986) identificaram diversos pólenes provenientes da Bacia de Itaboraí, dentre eles muitos pertencentes à família das Arecaceae, além de diversos esporos de Pteridophytas. Segundo Mazumdar (2010) a impregnação de sílica por parte das Pteridophytas também é comum, como por exemplo, nas famílias Lycopodiaceae, Selaginellaceae, Isoetaceae entre outras (Chauhan *et al.* 2009; Mazumdar & Mukhopadhyay, 2009 e Iriarte & Paz, 2009) sendo elas então uma outra possível fonte de fitólitos.

Abranches *et al.* (2011), reanalisando as lâminas de Lima e Souza-Cunha (1986), identificaram novos pólenes de Arecaceae, ressaltando a abundância destes, além dos achados inéditos representados pelas famílias Iridaceae, Bromeliaceae, Typhaceae e Poaceae que

corroboram o que foi dito por Souto & Ávilla (2005) e Souto (2007), quanto a presença de cutícula de Poaceae em um coprólito proveniente da Bacia de Itaboraí.

Na Bacia de Itaboraí estão representadas diversas famílias de Angiospermae. Algumas destas são conhecidas apenas por seus palinomorfos – Arecaceae, Liliaceae, Poaceae, Restionaceae, Typhaceae (todas monocotiledôneas e produtoras de fitólitos (Baker *et al.*, 1959)) e Cyrillaceae – enquanto Combretaceae, Fabaceae, Myrtaceae e Ulmaceae são conhecidas também por microfósseis. Bombacaceae é a única registrada na bacia apenas por restos macroscópicos (tronco). As Gimnospermas estão representadas por duas famílias (Abietaceae, Araucariaceae), além de Pteridophytas, Bryophytas e até mesmo esporos de fungos, mostrando a complexidade da paleoflora (Beurlen & Sommer, 1954; Lima & Souza-Cunha, 1986; Mussa *et al.*, 1986; Barros *et al.*, 2007, 2008 e Abranches *et al.*, 2011). Dessa forma, todos os estratos da flora estão representados pelas famílias supracitadas, desde plantas herbáceas (Poaceae), árvores (Ulmaceae), e até mesmo lianas (Fabaceae) e epífitas (Bromeliaceae).

Paula-Couto (1970) afirmou que a Bacia de Itaboraí possivelmente se tratava de um ambiente florestado e fechado, devido à presença de diversas espécies de marsupiais, isso é corroborado pela presença das famílias Abietaceae, Araucariaceae, Arecaceae, Cyrillaceae, Myrtaceae, Fabaceae e Ulmaceae que segundo Joly (1979), são famílias subartustivas, arbustivas e arbóreas, e algumas lianas.

A presença das famílias Poaceae, Restionaceae, Liliaceae e Typhaceae, todos monocotiledôneas, juntamente com as Pteridophyta sugere a presença de um estrato herbáceo. Além disso, as Typhaceae são características de ambientes úmidos, como brejos e áreas próximas a corpos d'água (Joly, 1979), sugerindo que estas poderiam compor a flora próxima ao paleolago.

A conjunção dessas famílias botânicas suporta a proposta de Paula-Couto (1970) quanto à presença de uma Floresta, além disso, a análise isotópica mostra que existem apenas vegetais com via metabólica C3, que são relacionadas a ambientes florestados (Lu & Liu, 2003). Raven *et al.* (2007) dizem que as condições que favoreceram o surgimento das plantas C4 primariamente nos trópicos foram temperaturas muito elevadas, altas luminosidades e climas secos, os autores dizem ainda que esse tipo de vegetal não sobrevive em temperaturas inferiores a 25°C.

Rizzini (1997) aponta para duas formações florísticas primitivas que deram origem as matas atuais do Brasil, ele chama de Formação Campestre Primitiva, que teria dado origem a campos, com poucos representantes arbóreos, e a Flora Florestal Primitiva, que entre outras, teria dado origem a Floresta Atlântica, que segundo o autor, durante o Cretáceo-Eoceno, estariam submetidas a um clima tropical úmido, porém com temperaturas não muito altas. Rizzini (1997) diz ainda que a Floresta pluvial é caracterizada pela formação de diferentes estratos, possuindo árvores de diferentes tamanhos, arbustos, herbáceas de grande e pequeno porte e lianas. Dessa forma, através das características florísticas foi possível atribuir que a Bacia de Itaboraí, teria sido uma Floresta Tropical Úmida, similar a Mata Atlântica.

A Serra da Tiririca em Niterói-Maricá representa um fragmento da Mata Atlântica no Rio de Janeiro, próximo à região da Bacia de Itaboraí. Nela estão representadas a maior parte das famílias encontradas em Itaboraí, portanto, com composição florística semelhante a paleoflora de Itaboraí. Chama atenção, por exemplo, a grande abundância de *Arecaceae* (Barros, 2008), representadas nesta mata pela espécie *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Brurret, uma *Arecaceae* de pequeno porte, subarbusculo a arbustivo.

O reconhecimento aqui de um “hábito pastador” para os notoungulados, ainda que original para este grupo, não é a primeira vez que é sugerida para alguma espécie da bacia, uma vez que Ávilla *et al.* (2007) apontaram na análise da mandíbula de *Tetragonostylops aptomasi* (Price & Paula-Couto, 1950), que esta espécie teria uma alimentação pastadora, pois apresentava estruturas para apoiar uma forte musculatura.

Esse tipo de alimentação mais abrasiva é sustentado pela presença de diversos vegetais produtores de fitólitos (*Poaceae*) na Bacia de Itaboraí, que seriam os principais causadores do microdesgaste característico de uma alimentação abrasiva encontrado nos notoungulados de Itaboraí.

7. CONCLUSÕES

1. Foi possível alocar as espécies *Itaboratherium atavum* e *Othnielmarshia pristina* dentro das classes de desgaste estabelecidas para *Colbertia megallanica*. Com isso, foi constatado que ambas as espécies apresentam um desgaste pronunciado, pois se encontram em uma classe de desgaste equivalente a classe 5 (alto desgaste) de *C. magellanica*.
2. Devido ao padrão de marcas encontrado, foi possível inferir a possível paleodieta dos notoungulados. A alta densidade de marcas do tipo arranhão, as espécies *Itaboratherium atavum*, *Othnielmarshia pristina* e *Colbertia megallanica* agrupou-os junto com os animais de hábitos pastadores.
3. O termo pastador deve ser substituído por “animais de alimentação abrasiva”, e seu conceito ampliado, uma vez que o desgaste apresentado por esses animais, muitas vezes se relacionam com gramíneas ou com outras famílias produtoras de fitólito. Já que o desgaste é proveniente da abrasão do alimento com o esmalte dentário, que pode ser causado por diversos grupos botânicos, além de diversas fitofisionomias de gramíneas.
4. *Paranisolambda prodromus* e *Paulacoutoia protocenica* apresentam macrodesgaste menos evidente que os notoungulados da Bacia de Itaboraí. O microdesgaste de *P. protocenica* é compatível com o dos notoungulados, e apesar da sua dentição bunodonte, esta espécie foi considerada “pastadora” devido à alta densidade de arranhões. Por outro lado, *P. prodromus*, apesar do mesmo padrão dentário dos notoungulados, apresentou poucas marcas e sem predominância de arranhões, com uma proporção aproximada de 1:1 (perfurações:arranhões), sendo considerado um ramoneador.
5. A presença das famílias Arecaceae, Liliaceae, Poaceae, Restionaceae e Typhaceae, todas produtoras de silicofitólitos, suporta o padrão alimentar encontrado, uma vez que esses fitólitos são abrasivos para o esmalte, causando diversos arranhões. Além disso, as famílias Myrtaceae, Ulmaceae e Fabaceae podem ser as causadoras das perfurações com perímetros grandes presentes em *Paulacoutoia protocenica*, uma vez que todas são lenhosas.

6. Pode-se afirmar que a morfologia dentária não tem influência na alimentação, pois *Paranisolambda prodromus* possui uma morfologia que se assemelha mais aos notoungulados que *Paulacoutoia protocenica*, porém apresenta dieta distinta. As bandas de Hunter-Schreger também não influenciam na alimentação, uma vez que todos apresentam o mesmo padrão de bandas.

7. A análise isotópica revelou que os vegetais apresentavam via metabólica do tipo C3, dessa forma não evidenciando uma diferença dentro com relação à via fotossintética utilizada pelos alimentos dos ungulados estudados que pudesse justificar um maior desgaste.

8. A difratometria do esmalte de *Colbertia magellanica* e *Paranisolambda prodromus* não mostrou diferenças na composição mineralógica nos dentes destas espécies, não podendo ser, portanto, um dos fatores responsáveis pela maior e menor abrasão nestas espécies, respectivamente.

9. Assim, o maior desgaste apresentado pelas espécies de notoungulados da Bacia de São José de Itaboraí, se relaciona diretamente com sua preferência alimentar, devido à alta densidade de arranhões (“habito pastador”). Essa alimentação seria diferente da de *Paulacoutoia protocenica*, pois apresentam perfurações maiores que a dos notoungulados, o que pode ser relacionado à inclusão de elementos lenhosos em sua alimentação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abranches, C. T. S., Garcia, M.J., Bergqvist, L. P. & Aquino, B. 2011. Novos achados palinológicos na Bacia de Itaboraí e sua contribuição para o entendimento da dieta de alguns mamíferos paleocênicos In: XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia, Natal. Atas. v.1. p.330 – 332.
- Almeida, E.B. 2005. Aspectos tafonômicos dos fósseis de mamíferos procedentes da “Fenda 1968” da Bacia de São José de Itaboraí, RJ – Paleoceno Superior. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 74 p.
- Aquino, B. 2009. Padrões de Desgaste Dentário de *Colbertia magellanica* (Notoungulata), da Bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro (Itaboraiense). In: XXXI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultura da UFRJ, 2009, Rio de Janeiro. LIVRO DE RESUMOS Centro de Tecnologia Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. p.468 – 468.
- Aquino, B. Análise macroscópica de padrões de desgaste dentário de *Colbertia magellanica* Paula-Couto (1952). 2010. 60f. Monografia (Licenciatura em Biologia) – Curso de Graduação em Biologia, Departamento de Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo.
- Aquino, B. & Bergqvist, L. P. 2010. Sequência do desgaste e diferenciação morfológica do M1-2 de *Colbertia magellanica* (Notoungulata, Oldfieldthomasiidae) da Bacia de Itaboraí/RJ (Itaboraiense) In: VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 2010, Rio de Janeiro. Boletim de Resumos do VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados. Rio de Janeiro. p.73 – 7
- Aquino, B., Abranches, C. T. S. & Bergqvist, L. P. 2011a. Análise preliminar isotópica e do microdesgaste de *Colbertia magellanica* (Price & Paula-Couto, 1950), da Bacia de São José de Itaboraí (Itaboraiense), Rio de Janeiro In: Reunião Anual do Núcleo Rio de Janeiro Espírito Santo da Sociedade Brasileira de Paleontologia - Paleo RJ/ES, Alegre. Caderno de Resumos Paleo RJ/ES 2011., v.1. p.1 – 1
- Aquino, B., Abranches, C. T. S. & Bergqvist, L. P. 2011b. Preliminary dental microwear and diet analysis of three ungulates species from Itaborai basin, Itaboraian, Rio de Janeiro Brazil In: IV Congresso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, 2011, San Juan. Livro de Resumos.

- Alves, R. S. Os Mamíferos Pleistocenicos de Fazenda Nova, Brejo da Madre de Deus, Pernambuco: Aspectos tafonômicos, taxonômicos e paleoambientais. 2007. p. 111. Dissertação de Mestrado em Geociências, UFPE, Pernambuco.
- American Society for Testing and Materials (ASTM - International) (1898), 2007 - Standard hardness conversion tables for metals relationship among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness. Pensilvânia, Estados Unidos da América.
- Ávilla, L.S., Abrantes, E. A. L., Souza, A. F., Souza-Cruz, F., Alves-Leite, M. & Silva, M. A. F. 2007. Biomechanical analysis of the masticatory apparatus of *Tetragonostylops aptomasi* Price & Paula-Couto, 1950 (Mammalia, Astrapotheria) and its paleoecological implication. In: I.S. Carvalho, R.C.T. Cassab, C. Schwanke, M.A. Carvalho, A.C.S. Fernandes, M.A.C. Rodrigues, M.S.S. Carvalho, M. Arai & M.E.Q. Oliveira (eds.) Paleontologia: Cenários de Vida, v. 1, Interciência, p. 777-783.
- Baker, G., Jones, L.H.P. & Wardrop, I.D. 1959. Cause of wear in sheep's teeth. *Nature* 184: 1583-1584.
- Barros, A. A. M., Análise Florística e Estrutural do Parque Estadual da Serra da Tiririca, Niterói e Maricá, RJ, Brasil p. 464. Tese de Doutorado em Botânica, Jardim Botânico, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.
- Barros, L.H.P., Scheel-Ybet, R., Ramos,R.R.C., Souza, T.C.S., Rodrigues-Franciso, B.H. & Carvalho, M.A. 2007. Lenho de leguminosas di Eoceno da Bacia de São José de Itaboraí. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 20. Anais... Búzios: SBP, p.173.
- Barros, L.H.P., Scheel-Ybet, R., Carvalho, M.A. & Ramos,R.R.C. 2008. Primeiro registro de lenho fóssil de Combretaceae da Bacia de São José de Itaboraí. In: Simpósio de Paleobotânicos e Palinólogos, 12. Boletim de Resumos... Florianópolis, p.16.
- Beltrão, M.C.M.C., Rodrigues-Francisco, B.H., Perez, R.A.R., Bezerra, F.O.S., Carvalho, B., Caniné, J.M.M & Koatz, G.D. 2001. O Parque Paleontológico de São José de Itaboraí (Rio de Janeiro) e seu entorno. *Revista Brasileira de Paleontologia* 2: 53-55.
- Bergqvist, L.P. Reassociação do pós-crânio às espécies de ungulados da Bacia de S. J. de Itaboraí (Paleoceno), Estado de Rio de Janeiro, e filogenia dos "Condylarthra" e ungulados sul-americanos com base no pós-crânio. 1996. p. 406. Tese de Doutorado em Geociências, UFRGS, Porto Alegre.

- Bergqvist, L. P., Abuhid, V. S. & Giudice, G. M. L. Mamíferos. *In*: Carvalho, I.S. (ed.) *Paleontologia*. 2ed. Rio de Janeiro: Interciências, 2004. p. 833-861.
- Bergqvist, L.P., Almeida, E.B. & Araújo Júnior, H.I. 2011. Tafonomia da assembleia de mamíferos da “Fenda 1968”, Bacia de São José de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 14(1):75-86.
- Bergqvist, L. P. & Aquino, B. 2010. O Padrão do desgaste dentário como ferramenta para a identificação de dentes isolados: o exemplo de *Itaboratherium atavum* (Notoungulata, Oldfieldthomasiidae), procedente da Bacia de Itaboraí/RJ (Itaboraiense) *In*: VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 2010, Rio de Janeiro. Boletim de Resumos do VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados. Rio de Janeiro. p.80 – 80
- Bergqvist, L. P. & Bastos, A. C. F. 2009. A postura locomotora de *Colbertia magellanica* (Mammalia: Notoungulata) da Bacia de São José de Itaboraí (Paleoceno Superior), Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Paleontologia* 12: 83-89.
- Bergqvist, L.P., Mansur, K., Rodrigues, M.A., Rodrigues-Francisco, B.H., Perez, R.A.R. & Beltrão, M.C.M.C. 2008. Bacia São José de Itaboraí, RJ - Berço dos mamíferos no Brasil. *In*: Winge, M., Schobbenhaus, C., Souza, C.R.G., Fernandes, A.C.S., Berbert-Born, M., Queiroz, E.T., (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 25/04/2008 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio123/sitio123.pdf>. Acesso em 20 de dezembro de 2011.
- Bergqvist, L.P. & Metello, T.M. 2011. Body mass estimates of fossil Ungulates of Itaboraí Basin, Brazil. *In*: IV Congresso Latinoamericano de Paleontologia de Vertebrados, 2011, San Juan. Livro de Resumos.
- Bergqvist, L.P., Moreira, A.L. & Pinto, D.R. 2006. *Bacia de São José de Itaboraí – 75 anos de história e ciência*. Rio de Janeiro, CPRM / SBG. 83p.
- Bergqvist, L.P. & Ribeiro, A.M. 1998. A paleomastofauna das bacias eoterciárias brasileiras e sua importância na datação das bacias de Itaboraí e Taubaté, *In*: Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica, Publicación Especial 5. Asociación Paleontológica Argentina, Buenos Aires, Argentina p. 19–34.
- Beurlen, K. & Sommer, F.W. 1954. Restos vegetais fósseis e tectônica da Bacia calcárea de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*. 149: 1-27.

- Billet, G. La faune de notongulés (Mammalia) de l'Oligocène supérieur de Salla (Bolivie) : phylogénie et affinités d'un groupe d'ongulés endémiques du Tertiaire d'Amérique du Sud. 2008. p. 423. These pour obtenir le grade de Docteur en Paléontologie et systématique phylogénétique. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Billet, G., Blondel, C. & de Muizon, C. 2009a. Dental microwear analysis of notoungulates (Mammalia) from Salla (Late Oligocene, Bolivia) and discussion on their precocious hypsodonty. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 274: 114–124.
- Billet, G., Patterson, B. & Muizon, C. 2009b. Craniodental anatomy of late Oligocene archaeohyracids (Notoungulata, Mammalia) from Bolivia and Argentina and new phylogenetic hypotheses. *Zoological Journal of the Linnean Society* 155: 458-509.
- Billet, G., de Muizon, C. & Mamani Quispe, B. 2008. Late Oligocene mesotheriids (Mammalia, Notoungulata) from Salla and Lacayani (Bolivia): implications for basal mesotheriid phylogeny and distribution. *Zoological Journal of the Linnean Society* 152: 153–200.
- Boutton, T.W. 1996. Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. *In*: Boutton, T. W. and Yamasaki, S.I. (Eds), *Mass spectrometry of soils*. Marcel Dekker, New York, 47-82p.
- Brophy, G. & Nash, T. 1968. Compositional, Infrared, and X-Ray Analysis of fossil bone. *The American Mineralogist*. 53: 445-454.
- Carlini, A.A., Gelfo, J.N. & Sánchez, R. 2006. A new Megadolodinae (Mammalia, Litopterna, Protheroheriidae) from the Urumaco Formation (Late Miocene) of Venezuela. *Journal of Systematic Palaeontology* 4(3): 279–284
- Chauhan, D.K., Tripathi, D.K., Sinha, P., Tiwari, S.P., 2009. Biogenic silica in some Pteridophytes. *Bionature* 29: 1 – 9.
- Cifelli, R.L. 1983. Eutherian tarsals from the late Paleocene of Brazil. *American Museum Novitates* 2761: 1-31.
- Cifelli, R.L., 1985. South American ungulate evolution and extinction. *In*: Stehli, F.G., Webb, S.D. (Eds.), the Great American Biotic Interchange. Plenum Press, New York, p. 249–266.

- Cifelli, R.L. 1993. The phylogeny of the native South American ungulates. *In: Mammal Phylogeny. Volume 2: Placentals.* Szalay FS, Novacek MJ, McKenna MC, (Eds.), New York: Springer-Verlag.p. 195–216.
- Coplen, T. B., 1994. Reporting of Stable Hydrogen, Carbon, and Oxygen Isotopic Abundances. *Pure and Applied Chemistry* 66: 273-276.
- Croft, D. A. 2007. The Middle Miocene (Laventan) Quebrada Honda fauna, southern bolivia and a Description of its notoungulates. *Palaeontology* 50(1): 277–303.
- Dana, E.S. & Hurlbut, C.S. Manual de Mineralogia. Editora Reverté, S.A., New York, USA, 2ª Edição, 1960. 600p.
- Danielson, D.R. & Reinhard, K.J. 1998. Human dental microwear caused by calcium oxalate phytoliths in prehistoric diet of lower Pecos region, Texas. *American Journal of Physical Anthropology* 107: 297-304.
- Domning, D.P. & Hayke, L.-A.C. 1984. Horizontal tooth replacement in the Amazonian manatee (*Trichechus inunguis*). *Mammalia* 48:105-127.
- Donassollo, T.A., Romano, A.R., Demarco, F.F. & Della-Bona, A. 2007. Avaliação da microdureza superficial do esmalte e da dentina de dentes bovinos e humanos (permanentes e decíduos). *Revista Odonto Ciência* 22(58): 311-316.
- Edwards, E.J., Osborne, C.P., Strömberg, C.A.E., Smith, S.A. & C4 Grasses Consortium. 2010. The Origins of C 4 Grasslands: Integrating Evolutionary and Ecosystem Science. *Science* 328: 587-591.
- Epstein, E. 1999. Silicon. *The Annual Review of Plant Biology* 50: 641-644.
- Flynn, J.J. & Wyss, A.R. 1998. Recent advances in South American mammalian paleontology. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 449–455.
- Gelfo, J.N., Goin, F.J., Woodburne, M.O. & Muizon, C. 2009. Biochronological relationships of the earliest South American Paleogene mammalian faunas. *Palaeontology* 52(1): 251-269.

- Goillot, C., Blondel, C. & Peigné, S. 2009. Relationships between dental microwear and diet in Carnivora (Mammalia) – Implications for the reconstruction of the diet of extinct taxa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 271: 13–23.
- Gordon, K.D., 1982. A study of microwear on chimpanzee molars: implications for dental microwear analysis. *American Journal of Physical Anthropology* 59: 195–215.
- Grine, F.E. 1981. Trophic differences between “gracile” and “robustus” australophecines: a scanning electron microscope analysis of occlusal events. *South African Journal of Science* 77: 203-230.
- Hayek, L.A, Bernor, R.L, Soulounias, N. & Steingerwald, P. 1992. Preliminary studies of hipparionine horse diet as measured by tooth microwear. *Annales Zoologici Fennici* 28: 187-200.
- Horovitz, I. 2004. Eutherian mammal systematics and the origins of South American ungulates as based on postcranial osteology. *Bulletin of the Carnegie Museum of Natural History* 36: 63–79.
- Iriarte, J. & Paz, E.A. 2009. Phytolith analysis of selected native plants and modern soils from southeastern Uruguay and its implications for paleoenvironmental and archeological reconstruction. *Quaternary International* 193: 99 – 123.
- Janis, C.M., Damuth, J. & Theodor, J.M. 2000. Miocene ungulates and terrestrial primary productivity: Where have all the browsers gone?. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97(14): 7899-7904.
- Joly, A.B. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. 5. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1979. 777p.
- Jones, L.H.P. & Handreck, K.A. 1967. Silica in soils, plants and animals. *Advances in Agronomy* 19: 107-149.
- Kaiser, T.M. & Solounias, N. 2003. Extending the tooth mesowear method to extinct and extant equids. *Geodiversitas* 25: 321 – 345.
- Kay, R.F. 1987. Analysis of dental microwear using image processing techniques. *Scanning Microscopy* 1: 657-662.

- Kay, R.F. & Covert, H.H. 1983. True grit, a microwear experiment. *American Journal of Physical Anthropology* 61: 33–38.
- Klein, V.C. & Bergqvist, L.P. 2002. Excursão à Bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro. *Arquivos do Museu Nacional*, 60(3): 245-256.
- Korth, K.L., Doege, S.L., Park, S.-H. Goggin, F.L., Wang, Q., Gomez, S.K., Liu, G., Jia, L. & Nakata, P.A. 2006. *Medicago truncatula* mutants demonstrate the role of plants calcium oxalate crystals as an effective defense against chewing insects. *Plant Physiology* 141: 188-195.
- Ladevèze, S., Missiaen, P. & Smith, T. 2010. First skull of *Orthospidothorium edwardsi* (Mammalia, “Condylarthra”) From the Late Paleocene of Berru (France) and phylogenetic affinities of the enigmatic european Family Pleuraspidothoriidae. *Journal of Vertebrate Paleontology* 30(5):1559–1578.
- Leinz, V. 1938. Os calcários de São José de Niterói, estado do Rio. *Mineração e Metalurgia*, 3(15): 153-155.
- Lepsch, I.F. & Buol, S.W. 1972. Ivertigations in an oxisol ultisol toposequencia in São Paulo State, Brazil. *Soil Science Society of America Proceedings* 41: 109-115.
- Lepsch, I.F. & Paula, L.M.A. 2006. Fitólitos em solos sob cerradões do Triângulo Mineiro: relações com atributos e sílicio absorvido. *Caminhos de geografia* 6(19): 185-190.
- Lima, M.R. de, Souza-Cunha, F.L. 1986. Análise palinológica de um nível de linhito da Bacia de São José de Itaboraí, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 58(4): 579-588.
- Linder, P. H. & Rudall, P.J. 2005. Evolutionary History of Poales. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36: 107–124.
- Lu, H. & Liu, K. 2003. Morphological variations of lobate phytoliths from grasses in China and Southeastern USA. *Diversity and Distributions* 9(1): 73-87.
- Line, S.P. & Bergqvist, L.P. 2005. Enamel structure of Paleocene mammals of the São José de Itaboraí basin, Brazil. “Condylarthra”, Litpterna, Notoungulata, Xenungulata and Astrapotheria. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 25(4): 924-928.

- Pinto-Llona, A.C. 2006. Comparative Dental Microwear analysis of cave bears *Ursus spelaeus* Rosenmüller, 1794 and brown bears *Ursus arctos* Linnaeus, 1758. *Scientific Annals, School of Geology Aristotle University of Thessaloniki*. 98: 103-108.
- MacArthur, C. & Sanson, G.D. 1988. Tooth wear in eastern kangaroos (*Macropus giganteus*) and western grey kangaroos (*Macropus fuliginosus*), and its potential influence on diet selection, digestion and population parameters. *Journal of Zoology, The Zoological Society of London*. London 215: 491-504.
- MacFadden, B.J. 2000. Cenozoic mammalian herbivores from the Americas: reconstructing ancient diets and terrestrial communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 33–59.
- MacFadden, B.J. 2005. Diet and habitat of toxodont megaherbivores (Mammalia, Notoungulata) from the late Quaternary of South and Central America. *Quaternary Research* 64: 113-124.
- MacFadden, B.J., Solounias, N. & Cerling, T.E. 1999. Ancient diets, ecology, and extinction of 5-million-year-old horses from Florida. *Science* 283: 824–827.
- Macrini, T.E., Flynn, J.J., Croft, D.A. & Wyss, A.R. 2010. Inner ear of a notoungulate placental mammal: anatomical description and examination of potentially phylogenetically informative characters. *Journal of Anatomy*. 216: 600-610.
- Mainland, I.L. 1998. Dental microwear and diet in domestic sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra hircus*): Distinguishing grazing and fodder-fed Ovicaprids using a quantitative analytical approach. *Journal of Archaeological Science* 25:1259-1271.
- Mainland, I.L. 2003. Dental microwear in grazing and browsing Gotland sheep (*Ovis aries*) and its implications for dietary reconstruction. *Journal of Archaeological Science* 30: 1513–1527.
- Marshall, L.G. 1985. Geochronology and land-mammal biochronology of the transamerican faunal interchange. In: STEHLI, F. G. & WEBB, S. D. (eds.), *The great american biotic interchange*. New York: Plenum, p. 49-85.
- Mazumdar, J. 2010. Phytoliths of pteridophytes. *South African Journal of Botany* (2010), doi:10.1016/j.sajb.2010.07.020. p.10

- Mazumdar, J. & Mukhopadhyay, R., 2009. Phytoliths of some lycopods. *Indian Fern Journal* 26: 132 – 136.
- McKenna, M. & Bell, S. Classification of mammals above the species level. New York, Columbia University Press, 1997. 631p.
- Medeiros, R.A. & Bergqvist, L.P., 1999. Paleocene of São José de Itaboraí basin, Rio de Janeiro, Brazil: lithostratigraphy and biostratigraphy. *Acta Geologica Leopoldensia*, 22(48): 3-22.
- Melo, D.J., Bergqvist, L.P. & Alvarenga, H. M. 2007. Considerações Paleoecológicas sobre os Notoungulados da Formação Tremembé, Bacia de Taubaté (São Paulo, Brasil). *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro 30: 71-76.
- Merceron, G., Blondel, C., Brunet, M., Sen, S., Solounias, N., Viriot, L. & Heintz, E. 2004b. The late Miocene paleoenvironment of Afghanistan as inferred from dental microwear in artiodactyls. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 207: 143–163.
- Merceron, G., de Bonis, L., Viriot, L. & Blondel, C. 2005a. Dental microwear of fossil bovid from northern Greece: paleoenvironmental conditions in the eastern Mediterranean during the Messinian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 217: 173–185.
- Merceron, G., de Bonis, L., Viriot, L. & Blondel, C. 2005b. Dental microwear of the late Miocene bovids of northern Greece: Vallesian/Turolian environmental changes and disappearance of *Ouranopithecus macedoniensis*? *Bulletin de la Société Géologique de France* 176 : 475–484.
- Merceron, G. & Madelaine, S. 2006. Molar microwear pattern and palaeoecology of ungulates from La Berbie (Dordogne, France): environment of Neanderthals and modern human populations of the Middle/Upper Palaeolithic. *Boreas* 35: 272-278.
- Merceron, G. & Ungar, P. 2005. Dental microwear and palaeoecology of bovids from the Early Pliocene of Langebaanwegm Western Cape province, South Africa. *South African Journal of Science* 101: 365-370.
- Merceron, G., Viriot, L. & Blondel, C. 2004a. Tooth microwear pattern in roe deer (*Capreolus capreolus*, L.) from Chizé (Western France) and relation to food composition. *Small Ruminant Research* 53: 125–132.

- Moore, D.M. & Reynolds Jr., R.C. 1989. X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford Press, Oxford, 332p.
- Mussa, D., Rodrigues-Franciso, B.H., Cunha, F.L.S. & Gonzales, B.B. 1987. Contribuição à paleobotânica da Bacia de Itaboraí (RJ). *In* Simpósio de Geologia Regional RJ/ES, 1; Rio de Janeiro, 1987. Anais..., Rio de Janeiro, p. 94-103.
- Nobre, P. H. & Carvalho, I. S. 2004, Fósseis: coleta e método de estudo. *In*: Carvalho, I.S. (ed.), Paleontologia. Interciência, Rio de Janeiro, v.2, Cap.3: 27-42.
- Oliveira, E.V & Goin, F.J. 2011. A Reassessment of bunodont Metatherians from the Paleogene of Itaboraí (Brazil): Systematics and age of the Itaboraian SALMA. *Revista Brasileira de Paleontologia* 14(2): 105-136.
- Organ, J.M., Teaford, M.F. & Larsen, C.S. 2005. Dietary Inferences from Dental Occlusal Microwear at Mission San Luis de Apalachee. *American Journal of Physical Anthropology* 128:801–811
- Pascual, R., Ortiz-Jaureguizar, E. 1990. Evolving climates and mammal faunas in Cenozoic South America. *Journal of Human Evolution* 19: 23–60.
- Patterson, B. 1934. Upper premolar-molar structure in the notoungulata with notes taxonomy. Geological Series of Field Museum of Natural History, Chicago 6(6): 91-111.
- Paula-Couto, C. 1952. Fossil mammals from the beginning of the Cenozoic in Brazil. Condylarthra, Litopterna, Xenungulata and Astrprotheria. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 99(6): 359-394.
- Paula-Couto, C. 1954. On a Notostylopid from the Paleocene of Itaboraí, Brazil. *American Museum Novitates* 1693: 1-5.
- Paula-Couto, C. 1970. Novo notoungulado no Riochiquense de Itaboraí. *Iheringia, Geologia*, 3:77-86.
- Paula-Couto, C. 1978 Ungulados fósseis do Riochiquense de Itaboraí, RJ, Brasil. III - Notoungulata e Trigonostylopoidea. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 50(2): 219-226.

- Paula-Couto, C. Tratado de Paleomastozoologia. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 1979a. 590p.
- Paula-Couto, C. 1979b. Ungulados fósseis do Riochiquense de Itaboraí, R. J., Brasil IV – retificação sobre os notoungulata. *Anais Academia Brasileira de Ciências* 51(2): 345-348.
- Pérez-Barbería, F.J. & Gordon, I.J., 1998. Factors affecting food comminution during chewing in ruminants: a review. *Biological Journal of the Linnean Society* 63: 233–256.
- Pessenda, L.C.R., Gomes, M.B.M., Ribeiro, A. de S., Gouveia, S.E.M., Boulet, R., Cruz, M.V.L., Roveratti, R. & Pessin, G. 1998. Avaliação de mudanças de vegetação na Amazônia Ocidental durante o Holoceno com emprego de isótopos do carbono do solo. XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte-MG, *Anais*, 539-544p.
- Piperno, Dolores R. 2006. Phytoliths: a comprehensive guide for archeologists and paleoecologists. Lanham, USA: Altamira Press. 238p.
- Price, L.I. & Paula-Couto, C. 1950. Vertebrados fósseis do Eoceno na Bacia calcárea de Itaboraí. In Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia, 2., Petrópolis, 1946. *Anais...*, Petrópolis: SBG 3:149-173.
- Reguero, A. M., Ubilla, M., Perea, D. 2003. A New Species of *Eopachyrucos* (Mammalia, Notoungulata, Interatheriidae) From the late Oligocene of Uruguay. *Journal of Vertebrate Paleontology* 23(2): 445–457.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, E. S. *Biologia Vegetal*. 6. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2007. 856p.
- Reichel, M., Schultz, C.L. & Pereira, V.P. 2005. Diagenetic Pattern of Vertebrate Fossils from Traversodontidae Biozone, Santa Maria Formation (Triassic) Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 8(3):173-180.
- Rensberger, J.M. 1978. Scanning Electron Microscopy of wear and occlusal events in some small herbivores. In.: BUTLER, P.M. & JOYSEY, K.A. (eds.), *Development, Function and Evolution of teeth*. New York: Academic Press, p.415-438.
- Richardson, R.C.D. 1968. The wear of metals by relatively soft abrasive. *Wear* 11(4): 245-275.

- Rivals, F. & Deniaux, B. 2003. Dental microwear analysis for investigating the diet of and argali population (*Ovis ammon antiqua*) of mid-Pleistocene age, Caune de l'Argo cave, eastern Pyrenees, France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 193: 443–445.
- Rizzini, C.T. Tratado de Fitogeografia do Brasil, Revisado, São Paulo: Ed. Âmbito, 1997.747p.
- Rodrigues-Francisco, B.H., González, B.B., Peroba, C.E.N. & Guedes, S.C. 1985. Estudo dos testemunhos de sondagem na Bacia de São José, Itaboraí, R. J. I. Furo SJ-2T. *In* Congresso Brasileiro de Paleontologia, 8., Rio de Janeiro, 1983. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos... Brasília: DNPM., p. 651-652. (série Geologia, 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2).
- Rodrigues-Francisco, B.H. & Souza-Cunha, F.L. 1978. Geologia e estratigrafia da Bacia de São José de Itaboraí, R. J. *Anais da Academia brasileira de Ciências* 50(3): 381-416.
- Runge, F. 1999. The opal phytolith inventory of soils in Central Africa – Quantities, shapes, classification, and spectra. *Review of Palaeobotany and Palynology* 107: 23-53.
- Sanson, G.D., Kerr, S.A., Gross, K.A., 2007. Do silica phytoliths really wear mammalian teeth? *Journal of Archaeological Science* 34: 526–531.
- Sant'anna, L.G. & Riccomini, C. 2001. Cimentação hidrotermal em depósitos paleogênicos do rift continental do Sudeste do Brasil: mineralogia e relações tectônicas. *Revista Brasileira de Geociências* 31(2): 231-240.
- Sant'anna, L.G. Riccomini, C., Rodrigues-Francisco, B.H., SIAL, A.N. 2004. The Paleocene travertine system of the Itaboraí basin, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 18(2004): 11–25
- Schubert, B.W., Ungar, P.S., Sponheimer, M. & Reed, K.E. 2006. Microwear evidence for Plio–Pleistocene bovid diets from Makapansgat Limeworks Cave, South Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 241: 301 – 319.
- Semprebon, G.M., Godfrey, L.R., Solounias, N., Sutherland, M.R. & Jungers, W.L. 2004. Can low-magnification stereomicroscopy reveal diet? *Journal of Human Evolution* 51(4): 339-349.

- Simpson, G. G. 1980. *Splendid Isolation, the Curious History of South American Mammals*. Yale University Press, New Haven, p.266.
- Solounias, N & Hayek, L.A.C. 1993. New methods of tooth microwear analysis and application to dietary determination of two extinct antelopes. *Journal of Zoology* 229: 421-445.
- Solounias, N., McGraw, W.S., Hayke, L.-A & Werdelin, L. 2000. The Paleodiet of Giraffidae. In Vrba, E.S., Schaller, G.B. (Eds.) *Antelopes, Deer, and Relatives: Fossil Record, Behavioural Ecology, Systematics, and Conservation*, Bew Havenm p.84-95.
- Solounias, N. & Moelleken, S.M.C. 1992. Tooth microwear analysis of *Eotragus sansaniensis* (Mammalia, Ruminantia): one of the oldest known bovids. *Journal of Vertebrate Paleontology* 12: 113–121.
- Solounias, N. & Moelleken, S.M.C. 1993. Tooth microwear and premaxillary shape of an archaic antelope. *Lethaia* 26: 261 – 268.
- Solounias, N., Semprebon, G., 2002. Advances in the reconstruction of ungulate ecomorphology with application to early fossil equids. *American Museum Novitates* 3366, 1–49.
- Solounias, N., Teaford, M.F., Walker, A., 1988. Interpreting the diet of extinct ruminants: the case of a non-browsing giraffid. *Paleobiology* 14: 287–300.
- Souto, P. R. F., 2007. Os coprólitos da Bacia de São José de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: I.S. Carvalho, R.C.T. Cassab, C. Schwanke, M.A. Carvalho, A.C.S. Fernandes, M.A.C. Rodrigues, M.S.S. Carvalho, M. Arai & M.E.Q. Oliveira (eds.) *Paleontologia: Cenários de Vida*, v. 1, Interciência, p. 811-818.
- Souto, P.R F. & Ávilla, L.S. 2005. Feeding habits of *Carodnia vierai* Paula Couto, 1952 (Mammalia:Xenungulata). 2 Congresso Latino Americano de Paleontologia de Vertebrados (Rio de Janeiro), *Boletim de Resumos*: 254-255
- Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*, Edgard Blücher, São Paulo, 400p.
- Teaford, M.F. 1986. Dental microwear and diet in two species of *Colobus*. In.: ELSE, J & LEE, P. (eds.), *Primate Ecology and Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, p.63-66.

- Teaford, M.F. 1988. A review of dental microwear and diet in modern mammals. *Scanning Microscopy* 2(2): 1149-1166.
- Teaford, M.F. 1991. Dental microwear: What can it tell us about diet and dental function. *In.*: Kelley, M.A. & Larsen, C.S. (eds.), *Advances in Dental Anthropology*. New York: Wiley-Liss, p. 341-356.
- Teaford, M.F. 1993. Dental microwear a diet in extant and extinct *Theropithecus*: preliminary analyses. *In.*: JABLONSKY, N. G. (ed.), *Theropithecus: The Rise and Fall of Primate Genus*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 331-349.
- Teaford, M.F. 1994. Dental microwear and dental function. *Evolutionary Anthropology* p.17-30.
- Teaford, M.F. & Oyen, O.J., 1989. *In vivo* and *in vitro* turnover in dental microwear. *American Journal of Physical Anthropology* 80: 447-460.
- Townsend, K.E.B. & Croft, D.A., 2008. Diets of notoungulates from the Santa Cruz formation, Argentina: new evidence from enamel microwear. *Journal of Vertebrate Paleontology* 28(1):217-230
- Taylor, E.W. 1949. Correlation of the Mohs's scale of hardness with the Vickers' s hardness numbers. *Mineralogical Magazine* 28(206): 718-721.
- Ungar P. 1992. Anterior dental microwear and feeding behavior of four Sumatran anthropoids. Ph.D. Dissertation. SUNY, Stony Brook, NY.
- Ungar, P. S. 2001. Microware software, Version 4.0.2 A Semi automated image analysis system fir the quantification of dental microwear. Fayetteville, AR.
- Ungar, P.S., Merceron, G. & Scott, R.S., 2007. Dental microwear texture analysis of varswater bovids and Early Pliocene paleoenvironments of Langebaanweg, Western Cape Province, South Africa. *Journal of Mammalian Evolution* 14: 163-181.
- Ungar, P.S. & Teaford, M.F. 1996. Preliminary examination of non-occlusal dental microwear in anthropoids: implications for the study of fossil primates. *American Journal of Physical Anthropology* 100:101-113.

- Ungar, P.S., Teaford, M.F., Glander, K.E., Pastor, R.F., 1995. Dust accumulation in the canopy: a potential cause of dental microwear in primates. *American Journal of Physical Anthropology* 97: 93–99.
- Walker, A. 1981. Diet and teeth. Dietary hypotheses and human evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 292: 57-64.
- Walker, A., Hoek, H.N. & Perez, L. 1978. Microwear of mammalian teeth as an indicator of diet. *Science* 201: 908-910.
- Walker, A. & Teaford, M.F. 1989. Inferences from quantitative analysis of dental microwear. *Folia Primatol* 53: 177-189.