

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Bioestratigrafia e paleoecologia com base em conodontes em uma seção de carbonatos marinhos do Pensilvaniano inferior, Formação Itaituba, borda sul da Bacia do Amazonas, Brasil

Sara Nascimento, Ana Karina Scomazzon, Valesca Brasil Lemos,

Luciane Profs Moutinho, Nilo Siquehiko Matsuda

Pesquisas em Geociências, 37 (3): 243-256, set./dez., 2010.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/22663>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2010.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Bioestratigrafia e paleoecologia com base em conodontes em uma seção de carbonatos marinhos do Pensilvaniano inferior, Formação Itaituba, borda sul da Bacia do Amazonas, Brasil

Sara NASCIMENTO, Ana Karina SCOMAZZON², Valesca Brasil LEMOS³, Luciane Profs MOUTINHO⁴ & Nilo Siguehiko MATSUDA⁵

1. Fundação de Apoio à Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43.127, sala 211. CEP: 91.540-000, Porto Alegre, RS. E-mail: aiatha@yahoo.com.br.
2. Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas. Praça Domingos Rodrigues, 2, CEP: 96.010-440, Pelotas, RS. E-mail: akscomazzon@yahoo.com.br.
3. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43.127, sala 211. CEP: 91.540-000, Porto Alegre, RS. E-mail: valesca.lemos@ufrgs.br.
4. Fundação de Apoio à Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43.127, sala 214. CEP: 91.509-970, Porto Alegre, RS. E-mail: luci.profs@gmail.com.
5. PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A. Av. República do Chile, 65, CEP: 20.031-912, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: nilo@petrobras.com.br.

Recebido em 01/2009. Aceito para publicação em 12/2010.
Versão online publicada em 09/05/2011 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - Esse trabalho apresenta os conodontes encontrados em cinco afloramentos da porção inferior da Formação Itaituba, no Sul da Bacia do Amazonas, região Norte do Brasil, unidade pensilvaniana que compreende o intervalo mais rico e diversificado em organismos de ambiente marinho raso da bacia. A seção estudada consiste, estratigraficamente da base para o topo, em dois afloramentos junto ao Rio Tapajós e três pedreiras de calcário, situadas próximo à cidade de Itaituba, Estado do Pará. A associação de conodontes inclui *Idiognathodus incurvus*, *Idiognathoides sinuatus*, *Neognathodus bothrops*, *N. bassleri*, *N. medadultimus*, *N. atokaensis*, *N. roundyi*, *Adetognathus lautus*, *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. orphanus*, *D. ellesmerensis*, *Rhachistognathus muricatus*, *Idioprioniodus* sp., *Ellisonia latilaminata*, *E. conflexa*, *Ubinates advena* e *Gondolella* sp. São propostas duas zonas de amplitude de táxon: *Rhachistognathus muricatus* e *Diplognathodus orphanus*, e uma zona de associação: *Idiognathodus incurvus* / *Neognathodus atokaensis* / *Neognathodus medadultimus*. *Neognathodus atokaensis*, *Diplognathodus orphanus* e *Idiognathodus incurvus* caracterizam uma idade atokana. A ocorrência de *Rhachistognathus muricatus*, de idade morrowana, na porção inferior do perfil e a presença de espécies atokanas acima, permitem determinar cronoestratigraficamente o limite Morrowano / Atokano. As associações de conodontes observadas são representadas principalmente por espécimes típicos de contextos ambientais de intermaré/inframaré e menos comuns representantes da intermaré/barra bioclástica/supramaré.

Palavras-chave: Pensilvaniano, conodontes, Formação Itaituba, Bacia Amazonas.

Abstract - CONODONT BIOSTRATIGRAPHY AND PALEOECOLOGY OF A LOWER PENNSYLVANIAN MARINE CALCAREOUS OUTCROP, ITAITUBA FORMATION, SOUTHERN REGION OF THE AMAZONAS BASIN, BRAZIL. This study reports conodonts of five outcrops from the lower part of the Itaituba Formation, South of the Amazonas Basin, Northern region of Brazil, Pennsylvanian unit that comprehends the richest and diversified interval containing organisms of shallow marine environment in the basin. The studied section consists, stratigraphically from the base to the top, on two outcrops along the Tapajós River and three limestone quarries nearby the Itaituba City, Pará State. The conodont association includes *Idiognathodus incurvus*, *Idiognathoides sinuatus*, *Neognathodus bothrops*, *N. bassleri*, *N. medadultimus*, *N. atokaensis*, *N. roundyi*, *Adetognathus lautus*, *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. orphanus*, *D. ellesmerensis*, *Rhachistognathus muricatus*, *Idioprioniodus* sp., *Ellisonia latilaminata*, *E. conflexa*, *Ubinates advena* and *Gondolella* sp. Two taxon range zones are herein proposed: *Rhachistognathus muricatus* and *Diplognathodus orphanus*; and one assemblage zone: *Idiognathodus incurvus* / *Neognathodus atokaensis* / *Neognathodus medadultimus*. *Neognathodus atokaensis*, *Diplognathodus orphanus* and *Idiognathodus incurvus* characterize an Atokan age. The occurrence of *Rhachistognathus muricatus*, Morrowan in age, in the lower portion of the profile and the presence of Atokan species throughout the section, allow the identification of the Morrowan / Atokan chronostratigraphic boundary. The conodont associations observed are represented mainly by specimens characteristic of intertidal/infratidal environments and less common representatives from intertidal/bioclástico bar/supratidal.

Key words: Pennsylvanian, conodonts, Itaituba Formation, Amazonas Basin.

1. Introdução

Ao longo da última década, o conhecimento sobre as bacias paleozóicas brasileiras foi ampliado consideravelmente através da aquisição de dados geológicos inéditos. Nesse contexto, destaca-se a Bacia do Amazonas (Carbonífero - Permiano) como objeto de diferentes estudos nas áreas da tectônica, estrutural, estratigrafia e modelagem de bacias. O Grupo Tapajós é a unidade litoestratigráfica correspondente ao intervalo permocarbonífero da bacia e é constituído por quatro unidades litoestratigráficas que se correlacionam, em ordem estratigráfica ascendente, às formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá. Estas representam um ciclo de 2ª ordem, com deposição controlada pela tectônica e variáveis climáticas, apresentando uma evidente tendência de continentalização e aridez para o topo da seção (Cunha *et al.*, 1994). Merece destaque a complexidade litológica de cada formação, que apesar de apresentarem litologias distintas em uma escala de maior ordem, quando analisadas em detalhe revelam compreender os mesmos constituintes faciológicos, variando apenas suas proporções. Em consequência, quando são focadas as definições dos limites cronoestratigráficos entre as formações, constata-se que os critérios para seu estabelecimento não são consistentes em toda a bacia, sendo válidos principalmente para a área central.

As rochas do Grupo Tapajós vem sendo analisadas no contexto litoestratigráfico, bioestratigráfico e cronoestratigráfico. Estes estudos, desenvolvidos através da integração e correlação de dados obtidos de testemunhos de sondagem e sessões aflorantes, além de posicionar cronoestratigraficamente os depósitos em questão, permitiram o mapeamento de um complexo registro litológico e a construção do arcabouço estratigráfico para o Pensilvaniano da Bacia do Amazonas. Dentre os pacotes sedimentares que compõem o Grupo Tapajós, os estratos da Formação Itaituba foram os mais estudados até o momento, já que estes são os mais acessíveis e caracterizam-se pela excelente qualidade de material sedimentar e abundante conteúdo fóssil.

A cronoestratigrafia do Grupo Tapajós vem sendo tentativamente estabelecida com base em conodontes, foraminíferos e palinórfos. Os principais estudos em foraminíferos foram realizados por Altiner & Savini (1991, 1995) e em palinórfos

por Daemon & Contreiras (1971), Picarelli & Quadros (1991) e Playford & Dino (2000 a, b). Os estudos sobre conodontes foram publicados pela primeira vez no Brasil por Fúlfaro (1965), seguidos por Araújo & Rocha-Campos (1969), Tengan *et al.* (1976), Rocha-Campos & Archangelsky (1986), Lemos & Medeiros (1989), Lemos (1990), Lemos (1992a, b), Lemos & Medeiros (1996), Silva & Lemos (1996), Neis (1996), Scmazzon (1999), Lemos & Scmazzon (2001), Scmazzon (2004), Nascimento *et al.* (2005), Scmazzon & Lemos (2005) e Nascimento *et al.* (2009). Essas contribuições abordam informações bioestratigráficas e paleoecológicas e são relacionadas ao Grupo Tapajós, Pensilvaniano - Permiano da Bacia do Amazonas.

Neste trabalho o intervalo estudado compreende os depósitos relacionados litoestratigraficamente à Formação Itaituba, sendo o enfoque principal o estudo das assembléias de conodontes desta formação. São apresentados resultados bioestratigráficos, três biozonas de conodontes e inferências paleoecológicas obtidas em dois afloramentos: Tapajós Caixa d'água (TAPCX) e Tapajós Voadeira (TAPTV), localizados ao longo do Rio Tapajós e três pedreiras de calcário: Pedreiras 1, 2 e 3, localizadas próximo à Cidade de Itaituba, Estado do Pará. Complementa, desta forma, os trabalhos previamente desenvolvidos na seção aflorante, na porção sul da Bacia do Amazonas, contribuindo significativamente para o refinamento biocronoestratigráfico da seção pensilvaniana, em especial na definição do limite entre os andares Morrowano/Atokano.

2. Caracterização da área e materiais

2.1. Arcabouço estratigráfico

A Bacia do Amazonas (Fig. 1) é uma bacia sedimentar que ocupa uma área de 600.000 km² nos estados do Amazonas e Pará. É limitada ao norte pelo Escudo das Guianas, ao sul pelo Escudo de Guaporé, a oeste pelo Arco de Purus, que a separa da Bacia do Solimões, e a leste pelo Arco de Gurupá, que a separa da Bacia do Marajó (Milani & Zalán, 1998). Em termos estruturais e deposicionais, a bacia é dividida em três setores distintos: plataforma norte, plataforma sul e uma área central. Ao longo das plataformas norte e sul da bacia ocorrem afloramentos de rochas paleozóicas (Silva, 1996).

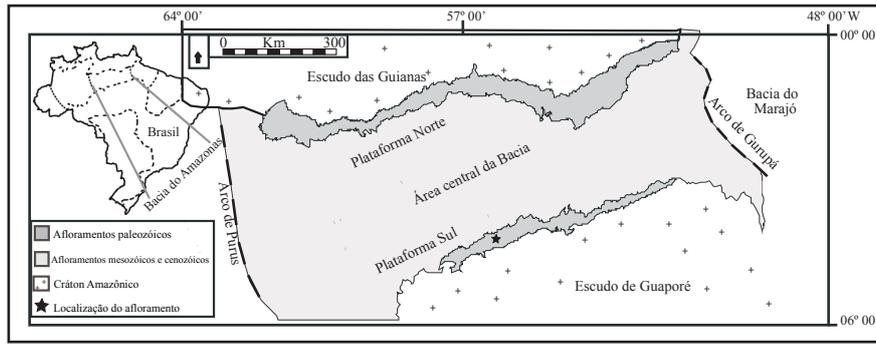


Figura 1. Mapa de localização da Bacia do Amazonas (modificado de Scomazzon, 2004). A estrela marca a localização dos afloramentos estudados.

O arcabouço estratigráfico da bacia compreende três sequências estratigráficas paleozóicas cobertas por rochas que vão do Cretáceo ao Recente (Cunha *et al.*, 2007): Unidade Ordoviciano - Devoniano, Unidade Devoniano - Mississipiano e Unidade Pensilvaniano - Permiano (Fig. 2). Essa última unidade, foco de interesse desse estudo, foi acumulada após intensa erosão causada pelo início da Orogenia Herciniana, representando um ciclo transgressivo regressivo do Pensilvaniano ao Permiano, associado a alterações climáticas significativas, de frio para quente e árido (Scotese & McKerrrow, 1990). Este ciclo corresponde às rochas do Grupo Tapajós, que é constituído por quatro unidades litoestratigráficas e que correspondem, em

ordem estratigráfica ascendente, às formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá. A seção aqui analisada representa a porção inferior da Formação Itaituba (Cunha *et al.*, 2007), cuja espessura chega a 110 m na região de afloramentos ao sul da bacia. Esta formação marca o estabelecimento de amplas condições marinhas durante este intervalo sendo as litologias dominantes carbonatos marinhos e evaporitos de planície de maré intercalados, incluindo rochas clásticas subordinadas. Estas representam depósitos transgressivo-regressivos de moderada energia em ambiente marinho raso de infra a supramaré (Silva, 1996; Matsuda, 2003; Scomazzon, 2004; Moutinho, 2006; Nascimento, 2008).

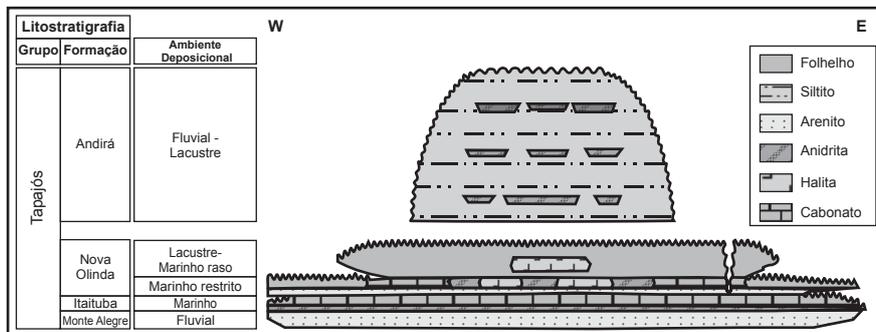


Figura 2. Carta estratigráfica do Grupo Tapajós, Unidade Pensilvaniana-Permiana da Bacia do Amazonas (modificado de Cunha *et al.*, 2007).

A idade pensilvaniana (Morrowano a Desmoinesiano) estimada para a Formação Itaituba é baseada em assembléias de microfósseis, incluindo esporos e grãos de pólen (Playford & Dino, 2000 a, b; Nascimento *et al.*, 2009; Smaniotto, 2010), fusulínideos (Altiner & Savini, 1995) e conodontes (Lemos, 1992a, b; Lemos & Scomazzon, 2001; Scomazzon & Lemos, 2005; Nascimento *et al.*, 2005; Nascimento *et al.*, 2009).

Uma diversificada fauna marinha, com afini-

dades com o *Midcontinent* norte-americano caracteriza as porções carbonáticas desta seção, considerada uma das mais ricas em termos de diversidade e abundância da bacia. Os grupos representados incluem conodontes, foraminíferos fusulinídeos, corais, briozoários, crinóides, trilobitas, ostracodes, gastrópodes, bivalves, braquiópodes, escolocodontes e restos de peixes. A maioria dos depósitos é marinho de inframaré rasa a supramaré. Os folhelhos e siltitos, por vezes, contêm crustáceos e

plantas, indicativos de depósitos salobros e de água doce (Silva, 1996; Matsuda, 2003; Scmazzon, 2004; Moutinho, 2006; Nascimento, 2008).

2.2. Estudos prévios baseados em conodontes na unidade

Os estudos bioestratigráficos com base em conodontes em depósitos marinhos do Grupo Tapajós, Pensilvaniano da Bacia do Amazonas foram baseados nos trabalhos de taxonomia de multielementos realizados por Lemos (1990), Neis (1996), Scmazzon (1999), Lemos & Scmazzon (2001), Scmazzon (2004), Nascimento et al. (2005) e Nascimento et al. (2009).

Lemos (1990) descreveu três zonas de associação: i) *Neognathodus symmetricus/Rhachistognathus muricatus*; ii) *Diplognathodus orphanus/Diplognathodus coloradoensis*; iii) *Streptognathodus elongatus/Idiognathodus ellisoni*. A primeira zona é restrita ao Neomorrowano e as espécies que a denominam ocorrem na Formação Monte Alegre e porção inferior da Formação Itaituba. A segunda zona se estende do Atokano ao Eodesmoinesiano e está localizada na porção média da Formação Itaituba. A terceira zona, pertencente à Formação Nova Olinda, é interpretada como de idade Meso-neopensilvaniana. Neis (1996) descreveu duas zonas de associação: i) *Idiognathoides ouachitensis/Rhachistognathus muricatus*; ii) *Diplognathodus* spp. A primeira é típica do Eomorrowano e ocorre na Formação Monte Alegre e porção inferior da Formação Itaituba. A segunda sugere uma idade atokana média e ocorre na Formação Itaituba.

Scmazzon (1999) estudou as porções superior da Formação Monte Alegre e inferior da Formação Itaituba em afloramentos da plataforma sul. Três zonas de intervalo local foram estabelecidas: i) *Idiognathodus sinuosus/Rhachistognathus muricatus* - Neomorrowano, compreendendo a porção mais superior da Formação Monte Alegre e porção inferior da Formação Itaituba; ii) *Idiognathodus klapperi/Streptognathodus parvus* - idade Neomorrowano/Atokano, correspondendo a Formação Itaituba; iii) *Idiognathodus claviformis / Idiognathodus incurvus*, de idade Eodesmoinesiano para a porção mais superior da Formação Itaituba. Lemos & Scmazzon (2001) renomearam a terceira zona de Lemos (1990): *Streptognathodus elongatus/Idiognathodus ellisoni*, como zona *Idiognathodus claviformis/Idiognathodus incurvus*, que

ocorre próximo à base da Formação Nova Olinda, definindo idade eodesmoinesiana. Scmazzon (2004) estabeleceu uma zona de amplitude de táxon *Idiognathodus incurvus* para a Formação Itaituba e porção inferior da Formação Nova Olinda e uma subzona de *Diplognathodus coloradoensis* para a Formação Itaituba, indicando idade atokana média a eodesmoinesiana.

Com base em afloramentos da Formação Itaituba, Nascimento et al. (2005) propuseram uma zona de amplitude de táxon e uma subzona, respectivamente: zona *Idiognathoides sinuatus* e subzona *Neognathodus roundyi*. Tal proposta corroborou a idade atokana. Mais recentemente, Nascimento et al. (2009) identificaram conodontes típicos do Andar Atokano, *Idiognathodus incurvus*, *Idiognathoides sinuatus*, *Adetognathus lautus*, *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus coloradoensis*, *D. orphanus*, *D. ellesmerensis*, além de palinomorfos (*Costatascyclus crenatus*, *Protohaploxypinus amplus*, *Spelaeotriletes arenaceus*, *S. triangulus*, *Meristocarpus explicatus*, *Striomonosaccites incrasatus* e *Meristocarpus* sp. B), cujo estudo foi ampliado em Smaniotto (2010), que determinaram o posicionamento da área estudada no Atokano médio, corroborando e complementando os dados de conodontes.

2.3. Caracterização dos afloramentos estudados

Os afloramentos estudados localizam-se aproximadamente a 40 km da cidade de Itaituba, na plataforma sul da Bacia do Amazonas, Estado do Pará, região norte do Brasil (ca. 04°16'34" de latitude Sul e 55°59', longitude Oeste). Os cinco afloramentos analisados compõem uma sucessão sedimentar do Pensilvaniano inferior da Bacia do Amazonas, correspondentes à base da Formação Itaituba. Esta sucessão é representada, da base para o topo, pelos estratos TAPCX e TAPTV, que registram as primeiras incursões marinhas sobre os arenitos da Formação Monte Alegre, seguidos pelos estratos das pedreiras 1, 2 e 3, que representam os depósitos francamente marinhas do Pensilvaniano, marcando o início da Formação Itaituba (Matsuda, 2003; Scmazzon, 2004; Moutinho, 2006; Nascimento, 2008). A sedimentação exclusivamente marinha é observada até a porção mediana da pedreira 3, topo da seção aqui estudada, onde ocorre um extenso intervalo de sedimentação siliciclástica interpretado como depósitos subaquosos de origem pró-deltáica de baixa energia e deposição

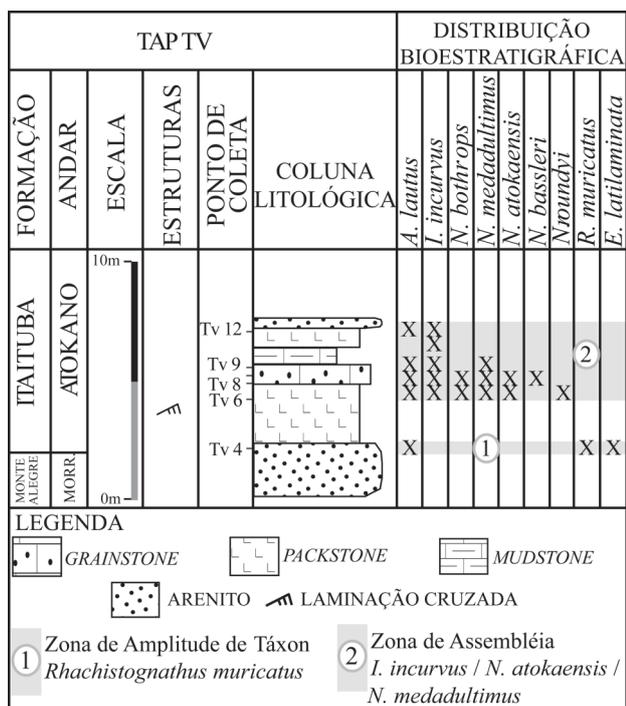


Figura 4. Perfil estratigráfico da seção estudada, apresentando o empilhamento vertical da seção correspondente ao afloramento TAPT V e a distribuição vertical dos conodontes estudados. As estruturas físicas e biogênicas, incluindo estruturas físicas e biogênicas, feições diagenéticas e conteúdo fóssil registrado.

Ao longo da seção, predominantemente composta por fácies carbonáticas e folhelhos, foram coletadas 130 amostras (Apêndice 1), totalizando 40 kg de rochas sedimentares, as quais foram processadas de acordo com a metodologia de Austin (1987) para microfósseis conodontes. O método consistiu na britagem das amostras carbonáticas e sua posterior desagregação utilizando ácido acético, enquanto os folhelhos e demais amostras ricas em material orgânico foram emersos em água oxigenada para acelerar sua desagregação. O material desagregado foi lavado e seco em estufa para posterior separação dos elementos conodontes por catação sob lupa binocular.

Os espécimes de conodontes estão depositados no Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob os números: MP-M-717, MP-M-718, MP-M-721, MP-M-722, MP-M-725 e MP-M-727, MP-M-729, e MP-M-731 e MP-M-745.

3. Resultados

Das amostras analisadas, 61 mostraram-se férteis para conodontes (Figs. 3 e 4). Imagens de

microscopia eletrônica de varredura dos espécimes selecionados são ilustradas na figura 5. A seguir são apresentados os respectivos resultados bioestratigráficos e paleoecológicos.

3.1. Bioestratigrafia

A associação de conodontes da seção estudada inclui elementos Pa de *Rhachistognathus*, *Idiognathodus*, *Neognathodus*, *Idiognathoides*, *Adetognathus*, *Diplognathodus*, *Hindeodus*, raros elementos S de *Ellisonia*, elementos Sa de *Ubinates* e elementos M de *Idioprioniodus* e *Gondolella*. Com base na sua distribuição vertical são definidas três biozonas de conodontes, sendo duas zonas de amplitude de táxon: *Rhachistognathus muricatus* e *Diplognathodus orphanus*, e uma zona de associação: *Idiognathodus incurvus*/*Neognathodus atokaensis*/*Neognathodus medadultrimus*. (Figs. 3 e 4) e realizadas inferências paleoecológicas.

Sweet (1988) tratando do potencial bioestratigráfico de conodontes considera *Rhachistognathus muricatus* importante indicador do andar Morrowano. A ocorrência desta espécie índice no nível TAPT V4 confirma a determinação do Morrowano para a porção basal da seção analisada.

Grayson et al. (1989) e Grayson (1990) qualificam *Idiognathodus incurvus* como índice do Atokano médio para a região do Midcontinent da América do Norte. Ekmekci & Kozur (1999) propõem que a ocorrência de *Idiognathodus incurvus* na Formação Kongul - Turquia é típica do Atokano médio /Moskoviano médio-superior, baseando-se na cronoestratigrafia da Rússia e da América do Norte. A ocorrência desta espécie índice nos níveis TAPT V7 e TAPCX3.2 contribui para o reconhecimento do Atokano para esses estratos.

Da mesma forma, a presença de espécies índice *Neognathodus atokaensis* e *N. medadultrimus* nos níveis TAPT V7 e TAPCX3.2 igualmente contribui para o reconhecimento do Atokano para esses estratos, uma vez que *Neognathodus atokaensis* é também característico do Atokano, sendo a zona *Neognathodus atokaensis* atribuída ao Atokano médio da região do Midcontinent por Lambert et al. (2001). Em adição, Rexroad et al. (1998, 2001) discutem a linhagem dos *Neognathodus* sugerindo *N. atokaensis* como uma espécie típica do andar Atokano para a Bacia de Illinois. Ainda, apesar de *N. medadultrimus* e *N. roundyi* serem primordialmente característicos do andar Desmoinesiano, também ocorrem no andar Atokano, segundo observações

de Manger & Sutherland (1984), trabalhando com o limite Morrowano-Atokano do Texas.

Ainda sobre o potencial bioestratigráfico dos conodontes, o gênero *Diplognathodus* foi usado por Lane (1977) para determinar o limite Morrowano-Atokano, ocorrendo desde o início do Atokano. Bender (1980) e Manger & Sutherland (1984) identificaram o limite Atokano superior em diferentes regiões da América do Norte através da primeira

ocorrência de *Diplognathodus orphanus*. Posteriormente, von Bitter & Merrill (1990) estudaram o plexo dos *Diplognathodus* e reconheceram a presença de *D. coloradoensis* do Morrowano ao Desmoinesiano e *D. orphanus* e *D. ellesmerensis* no Atokano. No material estudado, registra-se a ocorrência de *Diplognathodus orphanus* até o nível P3C16, sugerindo idade atokana.

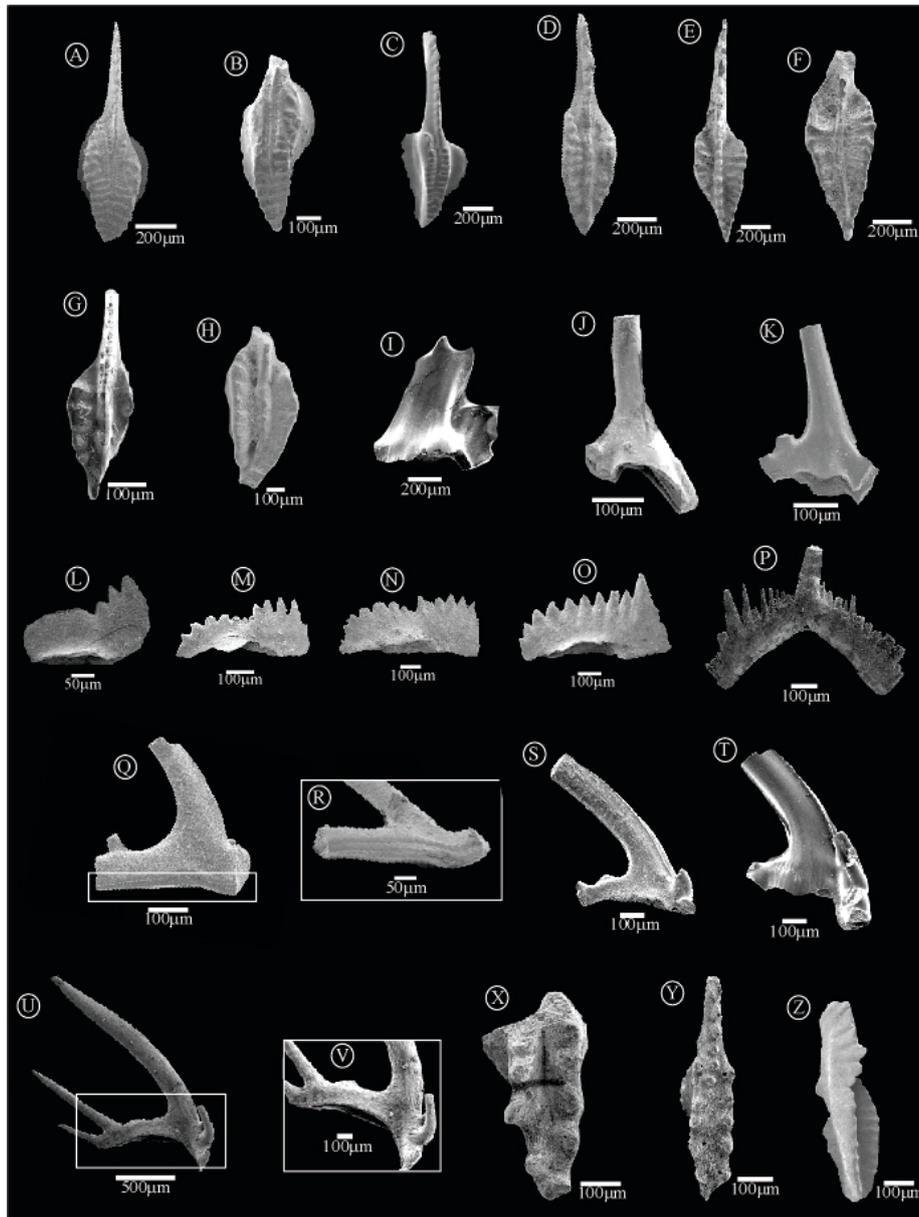


Figura 5. Conodontes da Formação Itaituba, Bacia do Amazonas. Vista oral. Elementos Pa: A – H, L – O, X – Z; Elementos M: I – K, S, T; Elementos S: P, Q, R, U, V. A. MP-M-731 *Idiognathodus incurvus* (TAPCX3.4); B. MP-M-732 *Idiognathodus incurvus* (P2C1); C. MP-M-733 *Idiognathoides sinuatus* (P1C22); D. MP-M-734 *Neognathodus bothrops* (TAPCX3.5); E. MP-M-735 *Neognathodus medadultimus* (P2C2); F. MP-M-736 *Neognathodus bassleri* (P2C1); G. MP-M-737 *Neognathodus roundyi* (TAPTV8); H. MP-M-744 *Neognathodus atokaensis* (TAPCX3.2); I. MP-M-727 *Idioproniodus* sp. (P2C9); J. MP-M-725 *Gondolella* sp. (P2C2); K. MP-M-729 *Gondolella* sp. (P2C9); L. MP-M-738 *Diplognathodus coloradoensis* (P2C17); M. MP-M-739 *Diplognathodus ellesmerensis* (P3C16); N. MP-M-740 *Diplognathodus orphanus* (P3C16); O. MP-M-745 *Hindeodus minutus* (P2C25); P. MP-M-726 *Ubinates advena* (P2C25); Q. MP-M-718 *Ellisonia latilaminata* (P2C24) cavidade basal; R. MP-M-718 *Ellisonia latilaminata* (P2C24) detalhe da cavidade basal; S. MP-M-721 *Idioproniodus* sp. (P2C25); T. MP-M-722 *Idioproniodus* sp. (P2C9); U. MP-M-717 *Ellisonia conflexa* (P2C25); V. MP-M-717 *Ellisonia conflexa* (P2C25) detalhe da cavidade basal; X. MP-M-741 *Rhachistognathus muricatus* (TAPTV4); Y. MP-M-742 *Rhachistognathus muricatus* (TAPTV4); Z. MP-M-743 *Adetognathus lautus* (TAPCX3.3).

Assim sendo, a ocorrência de *Neognathodus atokaensis* até o nível P2C1, *Diplognathodus orphanus* até o nível P3C16 e *Idiognathodus incurvus* até o nível P3C19 e a ocorrência dos palinomorfos *Costatascyclus crenatus*, *Protohaploxypinus amplus*, *Speleotriletes arenaceus*, *S. triangulus*, *Meristocarpus explicatus*, *Striomonosaccites incrassatus* e *Meristocarpus* sp. B. (Nascimento et al., 2009) confirmam a idade atokana para a porção superior da seção estudada.

A associação de conodontes da seção correspondente a Formação Itaituba, além de indicar uma idade atokana para a seção estudada, permitiu a correlação lateral entre os afloramentos TAPCX e TAPTV, tornando-os cronoestratigraficamente correlatos (Figs. 3 e 4). Ainda são propostas duas zonas de amplitude de táxon: *Rhachistognathus muricatus* e *Diplognathodus orphanus*, e uma zona de associação: *Idiognathodus incurvus* / *Neognathodus atokaensis* / *Neognathodus medadultimus* (Figs. 3 e 4).

A zona de amplitude de táxon *Rhachistognathus muricatus* inclui os estratos basais da seção TAPTV, sendo identificada pela ocorrência de *Rh. muricatus*, de idade morrowana. *Adetognathus lautus* e *Ellisonia latilaminata* ocorrem em associação. Nessa unidade se encontra o limite entre as formações Monte Alegre e Itaituba, podendo ser correlacionada com a Zona *Idiognathoides ouachitensis* / *Rhachistognathus muricatus* de Neis (1996) e com a Zona *Idiognathodus sinuosus* / *Rhachistognathus muricatus* de Scmazzone (1999), que indicam o andar Morrowano superior.

A zona de amplitude de táxon *Diplognathodus orphanus* abrange os estratos superiores da Pedreira 2 (P2C19) até a porção mediana-superior da Pedreira 3 (P3C16), litoestratigraficamente relacionadas à Formação Itaituba. *D. orphanus* é a espécie mais abundante no nível P3C16, sendo bom indicador para o andar Atokano. As espécies de conodontes associadas são *Idiognathodus incurvus*, *Idiognathoides sinuatus*, *Hindeodus minutus*, *Diplognathodus ellesmerensis*, *D. coloradoensis*, *Neognathodus medadultimus*, *Ellisonia conflexa*, *E. latilaminata* e *Ubinates* sp. Esta biozona pode ser correlacionada com a zona *Diplognathodus* spp. de Neis (1996), que corrobora com a idade atokana de *Diplognathodus orphanus* e *D. ellesmerensis* encontrados por Scmazzone & Lemos (2005). Na parte superior desta biozona, Nascimento et al. (2009), descreveram conodontes e palinomorfos (relacionados a porção basal da Pedreira 3), concluindo

que esta deve ser posicionada no Atokano médio, concordando com a idade anteriormente obtida.

A Zona de Associação *Idiognathodus incurvus* / *Neognathodus atokaensis* / *Neognathodus medadultimus* compreende a porção média de TAPCX e TAPTV, ao longo do Rio Tapajós (TAPTV7 a TAPTV12 e TAPCX 3.2 a TAPCX 3.5). Essa zona corresponde à porção basal da Formação Itaituba, cuja idade atokana é obtida com base nas espécies que nomeiam a zona, incluindo *Adetognathus lautus*, *Neognathodus bothrops*, *N. bassleri*, *N. roundyi*, *Ellisonia latilaminata* e *Hindeodus minutus*.

3.2. Análise paleoambiental

Idiognathodus, *Neognathodus* e *Adetognathus* são os conodontes mais abundantes nos afloramentos TAPTV e TAPCX, encontrando-se *Adetognathus lautus* mais frequentemente nas seções basais, particularmente em TAPCX 3.4 (Figs. 3 e 4). Segundo Davis & Webster (1985) *Idiognathodus* é um gênero típico de ambientes de intermaré de baixa energia com salinidade normal e substrato lamoso, como é o caso da intermaré. Driese et al. (1984) definem que *Idiognathodus* e *Neognathodus* são gêneros típicos de contextos marinhos normais de intermaré inferior / inframaré, sendo que Merrill & von Bitter (1984) postulam que sua ocorrência pode ser mais ampla, ocupando diferentes contextos dentro da planície de maré. Driese et al. (1984) definem que *Adetognathus* são abundantes em depósitos formadores de rochas grão-suportadas, típicos de contextos ambientais mais proximais, restritos e de salinidade variável. Assim, a ocorrência de *Idiognathodus* e *Neognathodus* nos afloramentos TAPTV e TAPCX caracteriza estes depósitos como típicos de intermaré inferior de baixa energia enquanto nas seções basais, particularmente em TAPCX 3.4 a ocorrência de *Adetognathus lautus* sugere um contexto de deposição mais proximal, provavelmente na barra bioclástica dentro da intermaré.

Destaca-se a presença de *Ellisonia* em TAPTV 4 e TAPCX 3.4 e *Hindeodus* em TAPCX 3.4 ocorrendo associados à biofácies de *Adetognathus* (Figs. 3 e 4). Segundo Merrill & von Bitter (1984), o gênero *Ellisonia* é típico de ambientes restritos de baixa salinidade e comum nas associações faunísticas que contêm elementos de *Adetognathus*, enquanto *Hindeodus* caracteriza ambientes de baixa salinidade e de elevada energia. Driese et al. (1984) definem que *Adetognathus* são abundantes em depósitos típicos

de contextos ambientais restritos proximais, de elevada energia e definem que biofácies contendo *Adetognathus* e *Hindeodus* são típicos de ambientes mais energéticos formadores de rochas grão-suportadas, como o contexto de barra bioclástica dentro da intermaré. Assim, a ocorrência de *Ellisonia* em TAPTV 4 e TAPCX 3.4 e *Hindeodus* em TAPCX 3.4 associados à biofácies de *Adetognathus* caracteriza estes depósitos como típicos de intermaré de águas rasas e mais alta energia, provavelmente nas proximidades da barra bioclástica.

Na seção correspondente a Pedreira 1 os elementos conodontes ocorrem em menor proporção, sendo o gênero *Idiognathodus* o mais abundante. O gênero *Idiognathoides* aparece pela primeira vez na porção inferior dessa seção enquanto *Hindeodus*, *Neognathodus* e *Adetognathus* são raros nesses depósitos (Fig. 3). Segundo Davis & Webster (1985) e Driese *et al.* (1984) os gêneros *Idiognathodus*, *Idiognathoides* e *Neognathodus* são típicos de ambientes marinhos normais de baixa energia, salinidade normal e substrato lamoso, como é o caso da intermaré inferior/inframaré; diferente de *Adetognathus* e *Hindeodus* que são típicos de ambientes formadores de rochas grão-suportadas, como o contexto de barra bioclástica dentro da intermaré (Driese *et al.*, 1984). A associação de conodontes observada na seção correspondente a Pedreira 1, com predomínio de espécimens de *Idiognathodus* e *Idiognathoides* e subordinados *Hindeodus*, *Neognathodus* e *Adetognathus* caracteriza estes depósitos como típicos de contextos marinhos normais de baixa energia, salinidade normal e substrato lamoso, como é o caso da intermaré inferior/inframaré.

Os gêneros *Idiognathodus*, *Idiognathoides*, *Neognathodus* são mais frequentes nos horizontes inferiores da Pedreira 2, enquanto *Adetognathus*, *Hindeodus*, *Idioprioniodus*, *Ellisonia*, *Diplognathodus*, *Gondolella* e *Ubinates*, não têm ocorrência expressiva (Fig. 3). Aqui, mais uma vez, a ocorrência dos gêneros *Idiognathodus*, *Idiognathoides* e *Neognathodus* caracteriza os depósitos que os contêm como típicos de contextos marinhos normais de baixa energia, salinidade normal e substrato lamoso, como é o caso da intermaré inferior/inframaré.

Idiognathodus, *Idiognathoides*, *Adetognathus* e *Hindeodus* ocorrem na Pedreira 3, porém em menores proporções (Fig. 3). A ocorrência de *Idiognathodus* e *Idiognathoides* demonstra a continuidade de um contexto deposicional marinho normal

de baixa energia, salinidade normal e substrato lamoso, como é o caso da intermaré inferior / inframaré, associado a contextos mais restritos de mais elevada energia, representados pela ocorrência de *Adetognathus* e *Hindeodus*.

Na porção basal da pedreira 3 a presença de níveis de siliciclásticos de origem fluvio/deltáica intercalados com carvão caracteriza um episódio regressivo mais extenso nesse período. Este horizonte siliciclástico contém abundantes elementos fossilíferos provenientes de vegetais superiores em associação com intercalações de carvão e grada verticalmente para fácies de granulação mais fina, com laminações do tipo *tidal bundles*. Caracteriza depósitos fluviais e de frentes deltáicas formados sob regimes sub-aquosos nos contextos ambientais continental ou de planície de maré (Moutinho, 2006). Segundo Smaniotta (2010), a palinoflora associada a este horizonte de carvão inclui megásporos, esporos e grãos de pólen em associação a impressões de restos vegetais de *Lepidodendron*. Com base nas espécies constituintes da palinoflora, em conjunto com a análise de suas feições preservacionais, a autora sugere um contexto deposicional continental sob influência de águas doces de baixa energia. Define, assim, que a assembléia de palinomorfos analisada é indicativa de um ambiente pantanoso costeiro caracterizado pela ocorrência predominante de licófitas. Essa flora ocuparia baixios topográficos inundados, definidos como pântanos associados a deltas em ambientes costeiros, considerações concordantes com interpretações de autores prévios (Matsuda *et al.*, 2006; Moutinho, 2006). Acima deste pacote siliciclástico o contexto ambiental muda novamente, apresentando fácies típicas do domínio ambiental de *Sabkha* hipersalino, no contexto de supramaré (Moutinho, 2006), denotando novo evento de subida relativa do nível do mar. Após esse intervalo regressivo, observa-se novamente o predomínio de fácies carbonáticas marinhas e a ocorrência do gênero *Diplognathodus* (Fig. 3), neste caso e em função da sucessão de fácies observadas, indicativo de ambientes de influxo siliciclástico, próximos da linha de costa (Merrill & von Bitter, 1984). Logo acima desse nível (P3C16) onde é encontrado o referido gênero, outros raros espécimes de conodontes *Idiognathodus* e *Adetognathus* são observados no nível P3C19 e raros espécimes de *Adetognathus* são encontrados no nível stratigráfico mais superior da seção, P3C21 (Fig. 3), indicando a continuidade de um contexto ambiental marinho

mais restrito, em concordância com a fácies de *mudstones* de intermaré superior/supramaré de onde foram obtidos.

Define-se assim, para a base da seção estudada, uma associação de fácies de ambiente predominantemente proximal para TAPTV e TAPCX com depósitos típicos de intermaré de águas rasas e mais alta energia, provavelmente nas proximidades da barra bioclástica, seguidos por depósitos marinhos abertos típicos de intermaré inferior de baixa energia. Estratigraficamente acima, o contexto ambiental representado pelos depósitos da Pedreira 1 igualmente apresenta condições marinhas de circulação predominantemente aberta com depósitos típicos de contextos marinhos de baixa energia, salinidade normal e substrato lamoso, típicos de intermaré inferior/inframaré. Da mesma forma, os depósitos referentes à Pedreira 2 são típicos de contextos marinhos normais. Os depósitos relativos à Pedreira 3 demonstram a continuidade de um contexto deposicional marinho de intermaré inferior/inframaré, associado a contextos mais restritos e de mais elevada energia. Na porção basal dessa seção ocorre um horizonte siliciclástico de origem fluvio/deltáica caracterizando um episódio regressivo nesse período, recoberto por fácies carbonáticas marinhas e indicativas de ambientes de influxo siliciclástico, próximos da linha de costa. Nos níveis estratigráficos mais superiores da seção observa-se a continuidade de um contexto ambiental marinho mais restrito, de intermaré superior/supramaré.

De acordo com as investigações de campo, as associações de conodontes observadas e as análises petrográficas adicionais de Matsuda (2003) e Moutinho (2006), a seção aqui estudada compreende depósitos formados em contextos marinhos abertos – intermaré inferior/inframaré – intercalados a depósitos marinhos mais restritos – intermaré/barra bioclástica/supramaré. Isto implica que a Bacia do Amazonas foi submetida à sucessivos episódios de maior e menor abrangência de área inundada, onde condições restritas e hipersalinas ou flúvio-deltáicas, determinadas pelas condições climáticas predominantes, recorrem ao longo da seção estudada, o que se reflete nas diferentes associações de conodontes observadas.

4. Conclusões

Os conodontes constituem um importante

grupo para a obtenção de idades de depósitos paleozóicos norte americanos e europeus. Nas bacias paleozóicas brasileiras, em especial na Bacia do Amazonas, as associações de conodontes obtidas se mostram úteis na definição da idade dos depósitos estudados, bem como no estabelecimento de correlações laterais, demonstrando sua importância como ferramentas de análise bioestratigráfica. Dentre as espécies de conodontes aqui analisadas, *Rhachistognathus muricatus* marca a presença do andar Morrowano nos primeiros depósitos carbonáticos da Formação Itaituba, estratigraficamente acima dos arenitos fluviais e eólicos da Formação Monte Alegre. *Idiognathodus incurvus*, *Neognathodus atokaensis*, *N. roundyi*, *N. bassleri*, *N. medadultimus* e *N. bothrops* marcam a presença do Atokano na seção predominantemente carbonática representada pelas pedreiras 1, 2 e 3 e litoestratigraficamente relacionadas a Formação Itaituba.

A zona de amplitude de táxon *Rhachistognathus muricatus* marca a idade morrowana, incluindo o limite litológico entre as formações Monte Alegre e Itaituba. A zona de associação *Idiognathodus incurvus/Neognathodus atokaensis/Neognathodus medadultimus* e a zona de amplitude de táxon *Diplognathodus orphanus*, ambas de idade atokana, relacionam-se litoestratigraficamente à Formação Itaituba.

Os dados paleoecológicos obtidos corroboram com a origem predominantemente marinha dos depósitos estudados, sendo a ocorrência de *Idiognathodus*, *Idiognathoides* e *Neognathodus* diagnóstica de deposição preferencial na intermaré inferior/inframaré, enquanto *Adetognathus lautus* em associação com *Ellisonia* e *Hindeodus* são bons indicadores de deposição nas proximidades da barra bioclástica dentro da intermaré.

A análise integrada dos dados estratigráficos, petrográficos, bioestratigráficos e paleoambientais favorece o entendimento dos processos deposicionais atuantes na formação dos depósitos estudados, sendo as associações de conodontes importante elemento na definição dos paleoambientes envolvidos na sua gênese. Neste contexto, a ocorrência de depósitos formados em ambientes marinhos abertos intercalados a depósitos marinhos restritos reforçam o entendimento de que a Bacia do Amazonas foi submetida a sucessivos episódios de maior e menor abrangência de área inundada durante o Pensilvaniano inferior, sendo estes os responsáveis pela formação dos depósitos marinhos de ambientes de supramaré, intermaré e

inframaré característicos da Formação Itaituba.

Além do avanço nos conhecimentos estabelecidos para o Pensilvaniano da Bacia do Amazonas, alcançado através da aplicação direta da bioestratigrafia com base em conodontes, o aprofundamento dos conhecimentos acerca das associações de conodontes existentes e sua integração com dados sedimentológicos, paleontológicos, estratigráficos e geoquímicos são importantes na geração de informações que auxiliem na compreensão dos processos deposicionais dominantes na formação destes depósitos. Desta forma, além da contribuição no estabelecimento dos limites cronoestratigráficos relacionados à seção estudada, a integração dos dados obtidos através destas ferramentas poderá auxiliar na identificação e correlação lateral de horizontes estratigráficos potencialmente úteis na exploração de bens minerais, água e hidrocarbonetos.

Agradecimentos - Os autores agradecem a José Emídio e Paulo Rubens da CAIMA Indústria de Cimento (atual ITACIMPASA) por permitir acesso à localidade das pedreiras, ao CNPq (projeto nº 472153/2003-0), e à Cristiane Pakulski da Silva pelo suporte na preparação das figuras.

Referências

- Altiner, D. & Savini, R. 1991. *Pennsylvanian Foraminifera and Carbonate Microfacies from the Amazon and Solimões Basins: Biostratigraphic, Paleoecologic and Paleogeographic Results*. Rio de Janeiro, PETROBRAS, 229p. (Relatório interno).
- Altiner, D. & Savini, R. 1995. Pennsylvanian foraminifera and biostratigraphy of the Amazonas and Solimões Basin (North Brazil). *Revue de Paleobiologie*, 14(2): 417-453.
- Araújo, J.S. & Rocha-Campos, A.C. 1969. Conodonts from the Itaituba Formation (Pennsylvanian) at well PEST-2-AM Amazon Basin. *Ciência e Cultura*, 21(2): 221-228.
- Austin, R.L. 1987. *Conodonts: investigative techniques and applications*. Chichester, British Micropaleontological Society Series, 562p.
- Bender, K.P. 1980. Lower and Middle Pennsylvanian conodonts from the Canadian Arctic Archipelago. *Geological Survey of Canada*, 79(15): 1-24.
- Cunha, P.R.C., Gonzaga, F.G., Coutinho, L.F.C., Feijó, F.J. 1994. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 8(1): 47-55.
- Cunha, P.R.C., Melo, J.H.G., Silva, O.B. 2007. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 227-251.
- Daemon, R.F., Contreiras, C.J.A. 1971. Zoneamento Paleontológico da Bacia do Amazonas. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 25. São Paulo, SP, 1976. *Anais...* São Paulo: SBG, 79-88.
- Davis, L.E. & Webster, G.D. 1985. Late Mississippian to Early Pennsylvanian Conodont Biofacies in Central Montana. *Lethaia*, 18: 67-72.
- Driese, S.G., Carr, T.R., Clark, D.L. 1984. Quantitative analysis of Pennsylvanian shallow-water conodont biofacies. In: CLARK, D. L. (Ed.). *Conodont Biofacies and Provincialism*. USA: GSA, Special paper, 196: 233-250.
- Ekmekcü, I.E. & Kozur, H.W. 1999. Conodonts of Middle Moscovian Age from the Kongul Formation. (Bolkardag Unit), Northwest of Hadim, Central Taurus. *Geological Croat*, 52(1): 1-8.
- Fúlfaro, V.J. 1965. Conodontes do Calcário Itaituba do Carbonífero do Rio Tapajós, Estado do Pará. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 14(1-2): 29-40.
- Grayson, R.C., Jr. 1990. Canyon Creek: A Significant Exposure of a Predominantly Mudrock Succession Recording Essentially Continuous Deposition from the Late Devonian through the Middle Pennsylvanian. Oklahoma, *Geological Survey Guidebook*, 27: 85-114.
- Grayson, R.C., Jr., Merrill, G.K., Lambert, L.L. & Turner, J. 1989. Phylogenetic Basis for Species Recognition within the Conodont Genus *Idiognathodus*: Applicability to Correlation and Boundary Placement. In: Boardman II, D.R., Barrick, J.E., Cocke, J. & Nestell, M.K. (eds.) *Middle and Late Pennsylvanian Chronostratigraphic boundaries in northcentral Texas*. Texas Tech University Studies in Geology, v. 2, p. 75-94.
- Lambert, L.L., Barrick, J.E. & Heckel, P.H. 2001. Provisional lower and middle Pennsylvanian conodont zonation in Midcontinent North America. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy*, 19: 50-55.
- Lane, H.R. 1977. Morrowan (Early Pennsylvanian) conodonts of northwestern Arkansas and northeastern Oklahoma, In: P.K. Sutherland & W.L. Manger (Eds.) *Upper Chesterian Morrowan stratigraphy and the Mississippian-Pennsylvanian boundary in Northeastern Oklahoma and northwestern Arkansas: Oklahoma Geological Survey Guidebook*, v. 18, p. 177-180.
- Lemos, V.B. 1990. *Assembléias de Conodontes do Carbonífero da Bacia do Amazonas*. Porto Alegre. 259p. Tese de Doutorado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Lemos, V.B. 1992a. Conodontes do Carbonífero das

- Bacias do Amazonas e Solimões. Taxonomia - Parte I. *Pesquisas*, 19(1): 75-93.
- Lemos, V.B. 1992b. Conodontes do Carbonífero das Bacias do Amazonas e Solimões. Taxonomia - Parte II. *Pesquisas*, 19(2): 120-131.
- Lemos, V.B. & Medeiros, R.A. 1989. Transgressões e Regressões Cíclicas e Ocorrência de Conodontes no Morrowano e Atokano na Bacia do Amazonas. In: SIMPÓSIO DE MARCOS ESTRATIGRÁFICOS, 2, Curitiba, 1989. *Anais...*, Curitiba: SBP, v. 2, p. 961-969.
- Lemos, V.B. & Medeiros, R.A. 1996. O Limite Morrowano/Atokano na Bacia do Amazonas, Brasil, com Base em Conodontes. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 10(1-4): 165-173.
- Lemos, V.B. & Scmazzon, A.K. 2001. Carboniferous biostratigraphy of the Amazonas Basin, Brazil, based on conodonts. Correlação de Seqüências Paleozóicas Sul-Americanas. Melo, J.H.G. & Terra, G.S.T. (Eds.). *Ciência Técnica Petróleo*. Seção: Exploração de Petróleo, 20: 131-138.
- Manger, W.I. & Sutherland, P.K. 1984. Preliminary conodont biostratigraphy of the Morrowan-Atokan boundary (Pennsylvanian), eastern Llano Uplift, central Texas. *Oklahoma Geological Survey Bulletin*, 136: 115-122.
- Matsuda, N.S. 2003. *Carbonate sedimentation cycle and origin of dolomite in the Lower Pennsylvanian intracratonic Amazon Basin, Northern Brazil*. Tokyo. 231p. PhD Thesis, Department of Earth & Planetary Sciences, University of Tokyo.
- Matsuda, N.S., Oda, H., Minori, A., Moutinho, L.P., Nascimento, S. & Scmazzon, A.K. 2006. The occurrence of Coal Deposits in the Lower Pennsylvanian Sequence of the intracratonic Amazonas Basin - Northern Brazil. In: 17^o International Sedimentological Congress, 2006, Fukuoka. *Anais...*Fukuoka. Japan.
- Merrill, G.K. & von Bitter, P.H. 1984. Facies and Frequencies among Pennsylvanian Conodonts: Apparatuses and Abundances, *Geological Society of America Special Paper*, 96: 251-261.
- Milani, E.J. & Zalán, P.V. 1998. *The geology of paleozoic cratonic basins and mesozoic interior rifts of Brazil. (Brazilian Geology Part I)*. AAPG International Conference & Exhibition, 184p.
- Moutinho, L.P. 2006. *Assinaturas Tafonômicas dos Invertebrados da Formação Itaituba - Aplicação como Ferramenta de Análise Estratigráfica e Paleoecológica na Seção Pensilvaniana Aflorante na Porção Sul da Bacia do Amazonas*. Porto Alegre. 325p. Tese de Doutorado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Nascimento, S., Scmazzon, A.K., Moutinho, L.P., Lemos, V.B. & Matsuda, N.S. 2005. Conodont Biostratigraphy of the Lower Itaituba Formation (Atokan, Pennsylvanian), Amazonas Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8(3): 193-202.
- Nascimento, S. 2008. *Conodontes e a Cronoestratigrafia da Base da Seção Pensilvaniana, na Região de Itaituba, Porção Sul da Bacia do Amazonas, Brasil*. Porto Alegre. 246 p. Tese de Doutorado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Geociências Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Nascimento, S., Smaniotto, L.P., Souza, P.A., Lemos, V.B. & Scmazzon, A.K. 2009. Biostratigraphy (conodonts and palynology) from selected strata of the Itaituba Formation (Pennsylvanian of the Amazonas Basin) at Itaituba, Pará State, Brazil. *Pesquisas em Geociências*, 36: 37-47.
- Neis, P.A. 1996. *Resultados biocronoestratigráficos das associações de conodontes da Formação Itaituba, Carbonífero Superior (Pensilvaniano), da Bacia do Amazonas*. Porto Alegre. 138p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Picarelli, A.T. & Quadros, L.P. 1991. *Bioestratigrafia do Permiano e Carbonífero das Bacias do Solimões, Amazonas, Acre e Parnaíba com base em fusulinídeos, palynologia, conodontes*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 93p. (Relatório Interno).
- Playford, G.B. & Dino, R. 2000a. Palynostratigraphy of upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part one. *Palaeontographica Abt. B. Bd.*, 255: 1-46.
- Playford, G.B. & Dino, R. 2000b. Palynostratigraphy of upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part two. *Palaeontographica Abt. B. Bd.*, 255: 87-145.
- Rexroad, C.B., Brown, L.M., Devera, J. & Suman, R.J. 1998. Conodont Biostratigraphy and Paleoecology of the Perth Limestone Member, Stauton Formation (Pennsylvanian) of the Illinois Basin, U.S.A. *Paleontologia Polonica*, 58: 247-259.
- Rexroad, C.B., Wade, J.A., Merrill, G.K., Brown, L.M. & Padgett, P. 2001. Conodont Biostratigraphy and Depositional Environments of the Mecca Quarry Shale Member and the Velpen Limestone Member of the Linton Formation (Pennsylvanian, Desmoinesian) in the Eastern Part of the Illinois Basin, U.S.A. *Indiana Geological Survey, Special Report*, 63, 19p.

- South America. In: Wagner, R.H.; Prins, W.; Granatos, J.F., (eds.), *The Carboniferous of the World II, Australia, Indian Subcontinent, South Africa, South America & North Africa*. IUGS Publication, Instituto Geológico y Marino de España, Madrid, v. 20, p. 175-272.
- Scomazzon, A.K. 1999. *Refinamento bioestratigráfico com base em conodontes, Pensilvaniano da Bacia do Amazonas, região do Tapajós*. Porto Alegre. 142p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Scomazzon, A.K. 2004. *Estudo de conodontes em carbonatos marinhos do Grupo Tapajós, pensilvaniano inferior a médio da Bacia do Amazonas com aplicação de isótopos de Sr e Nd neste intervalo*. Porto Alegre. 294 p. Tese de Doutorado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Geociências Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Scomazzon, A.K. & Lemos, V.B. 2005. *Diplognathodus* occurrence in the Itaituba Formation, Amazonas Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8(3): 203-208.
- Scotese, C.R. & Mckerrow, W.S. 1990. Palaeozoic palaeogeography and biogeography. In: W.S. Mckerrow & C.R. Scotese (Eds.) Revised World maps and introduction, *Geological Society Memoir*, 12: 1-21.
- Silva, O. B. 1996. *Ciclicidade Sedimentar no Pensilvaniano da Bacia do Amazonas e o Controle dos Ciclos de Sedimentação na Distribuição Estratigráfica dos Conodontes, Fusulinídeos e Palinomorfos*. 331p. Tese de Doutorado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Silva, O. B.; Lemos, V. B. 1996. Controle dos Ciclos Sedimentares na Distribuição Estratigráfica dos Conodontes do Pensilvaniano (Fm. Itaituba) - Bacia do Amazonas. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5. Belém, PA, 1966. *Anais...* Belém: SBG. p. 199-202.
- Smaniotto, L.P. 2010. *Palinologia de um perfil aflorante da Formação Itaituba (Pensilvaniano Superior, Bacia do Amazonas) em Itaituba, Pará, Brasil*. Porto Alegre. 64p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Sweet, W.C. 1988. The Conodonta, Morphology, Taxonomy, Palaeoecology and Evolutionary History of a Long-Extinct Animal Phylum. *Oxford Monographs on Geology and Geophysics*, 10: 212p.
- Tengan, C., Shimabukuru, S. & Rocha-Campos, A.C. 1976. Conodontes Carboníferos do poço FB-ST-1-AM Bacia do Amazonas, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. *Anais...*, Ouro Preto, SBG. p. 365.
- von Bitter, P.H. & Merrill, G.K. 1990. Effects of variation on the speciation and phylogeny of *Diplognathodus*. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 118:105-129.

Apêndice 1

	PONTO DE COLETA	LITOLOGIA	Fossil Content																
			<i>Adetognathus lautus</i>	<i>Idiognathodus incurvus</i>	<i>Idiognathoides sinuatus</i>	<i>Neognathodus bothrops</i>	<i>Neognathodus bassleri</i>	<i>Neognathodus medadulitimus</i>	<i>Neognathodus atokaensis</i>	<i>Neognathodus roundyi</i>	<i>Hindeodus minutus</i>	<i>Idioproniodus sp. (M elements)</i>	<i>Diplognathodus coloradoensis</i>	<i>Diplognathodus orphanus</i>	<i>Diplognathodus elesmerensis</i>	<i>Ellisonia conflexa (S element)</i>	<i>Ellisonia latilaminata (S elements)</i>	<i>Ubinates sp. (Sa element)</i>	<i>Gondolella sp. (M elements)</i>
PEDREIRA 3	C21	Arenito	2																
	C20	Mudstone a Gipsita																	
	C19	Grainstone a Foraminíferos	2	1															
	C18	Mudstone	3	1															
	C16	Wackstone		15	5					2		1	12	3					
C14	Siliciclásticos laminados com gipsita								2										
PEDREIRA 2	C57	Wackstone		1				1											
	C55	Packstone		6	2			2											
	C53	Packstone		4	3			2								1			
	C49	Packstone		1															
	C48	Laminito Microbial		6	1														
	C47	Laminito Microbial		1				1											
	C46	Packstone								1									
	C44	Grainstone		1															
	C42	Mudstone		1															
	C40	Mudstone a Gipsita		2															
	C38	Mudstone a Gipsita											1						
	C33	Mudstone a Gipsita											1						
	C27	Mudstone a Gipsita			1														
	C26	Mudstone			1														
	C25	Packstone		3	33					1	1				1		1		
	C24	Packstone		4	3								1				1		
	C22	Packstone a Foraminíferos		2	2			1											
	C21	Packstone a Foraminíferos		2	5					1									
	C19	Mudstone peloidal		3									1						
	C17	Mudstone		1	1							1							
	C14	Wackstone		1						1									
	C13	Wackstone		5															
	C12	Packstone		3	8														
C11	Packstone		6	1															
C9	Packstone	1	5	41					1	3	1						1		
C3/6	Wackstone		6				1												
C2	Packstone	2	64				9	3	3	5							1		
C1	Packstone	2	58	28		1	9	13	9	4									
C0	Laminito Microbial		1		3														
PEDREIRA 1	C35	Dolomito		1															
	C34	Dolomito		2															
	C31	Mudstone		2						1									
	C30	Wackstone	1	2															
	C29	Packstone		1						2									
	C25	Wackstone		1															
	C22	Dolomito	1	2	24					4									
	C21	Dolomito		2	16														
	C20	Mudstone		4	12		3			1									
	C19	Mudstone peloidal	1	1	1														
	C13	Grainstone/Mudstone		1															
C10	Mudstone		5	1															
C9	Wackstone		2	14					1		1								
C8	Packstone		1																
TAP CX	CX 3.5	Folhelho	3	66			3	1	2										
	CX 3.4	Folhelho	23	13				1		2						3			
	CX 3.3	Arenito/Folhelho	6	7					1										
	CX 3.2	Folhelho	10	6					1										
	CX 3.1.1	Dolomito	1	12															
	CX 3.1	Grainstone a Foraminíferos	1	4															
TAP TV	TV12	Dolomito	1	7															
	TV11	Wackstone		5															
	TV9	Grainstone	14	40				1											
	TV8	Folhelho calcítico	9	59		1	1	8	3										
	TV7	Grainstone	6	40		1		1	1	1									
TV4	Arenito	1												1			3		