

# O LIMITE MORROWANO/ATOKANO NA BACIA DO AMAZONAS, BRASIL, COM BASE EM CONODONTES

## THE MORROWAN/ATOKAN BOUNDARY IN THE AMAZONAS BASIN, BASED ON CONODONT INVESTIGATION

Valesca Brasil Lemos<sup>1</sup> e Rodi Ávila Medeiros<sup>2</sup>

RESUMO - Nas bacias do Amazonas e do Solimões, a seqüência carbonífera é representada pelas formações Monte Alegre, Itaituba e, pelo menos, pela parte basal da Formação Nova Olinda. Dentro do intervalo abrangido por essas formações, foi possível reconhecer o limite Morrowano/Atokano nos poços 2-CA-1-AM e 1-UI-1-AM, situado na parte média da Formação Itaituba. Estabeleceram-se duas zonas de associação de conodontes. A primeira abrange a Formação Monte Alegre e parte inferior da Formação Itaituba, denominada *Neognathodus symmetricus/Rachistognathus muricatus*, com elementos típicos do Morrowano. A segunda é registrada nas partes média e superior da Formação Itaituba, designada *Diplognathodus orphanus/Diplognathodus coloradoensis*, com formas atribuídas ao Atokano. No intervalo abrangido pelas duas zonas há maior abundância de conodontes na bacia, significando ambientes marinhos normais, desenvolvidos em tempos mais prolongados durante cada um dos ciclos que caracterizam a sedimentação carbonífera da Bacia do Amazonas.

(Originais recebidos em 28.11.94.)

ABSTRACT - In the Amazonas and Solimões basins the Carboniferous sequence is represented by Monte Alegre and Itaituba formations, and at least, the lower portion of Nova Olinda Formation. Within the interval comprised by the aforementioned formations it was possible to identify the Morrowan/Atokan boundary in wells 2-CA-1-AM and 1-UI-1-AM situated in the middle portion of the Itaituba Formation. Two zones of conodont association were established: the first zone comprising the Monte Alegre Formation and the lower portion of the Itaituba Formation, has been designated *Neognathodus symmetricus/Rachistognathus muricatus*, and the second zone recognized in the middle and upper portions of the Itaituba Formation was designated *Diplognathodus orphanus/Diplognathodus coloradoensis*. The first zone presents typical elements of the Morrowan, and the second zone shows forms attributed to the Atokan. The interval comprised by the two zones is the most enriched with conodonts within the basin, testifying the presence of normal marine environments developed during longer time spans during each of the cycles that characterize the Carboniferous sedimentation of the Amazonas Basin.

(Expanded abstract available at the end of the paper.)

### 1 - INTRODUÇÃO

Realizou-se, aqui, um trabalho com amostras de testemunhos de subsuperfície de poços da PETROBRAS, na Bacia do Amazonas (fig. 1). Foram

encontrados e estudados conodontes de idade carbonífera para realizar análise biocronoestratigráfica, que permitiu construir a figura 2 com a distribuição dos conodontes na Bacia do Amazonas e zoneamento bioestratigráfico preliminar.

1 - Universidade Federal do Rio de Grande do Sul (UFRGS), Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Avenida Bento Gonçalves, 9 500, 91509-900, Campus do Vale, Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil.

2 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-graduação em Geociências, Avenida Bento Gonçalves, 9 500, 91509-900, Campus do Vale, Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil.

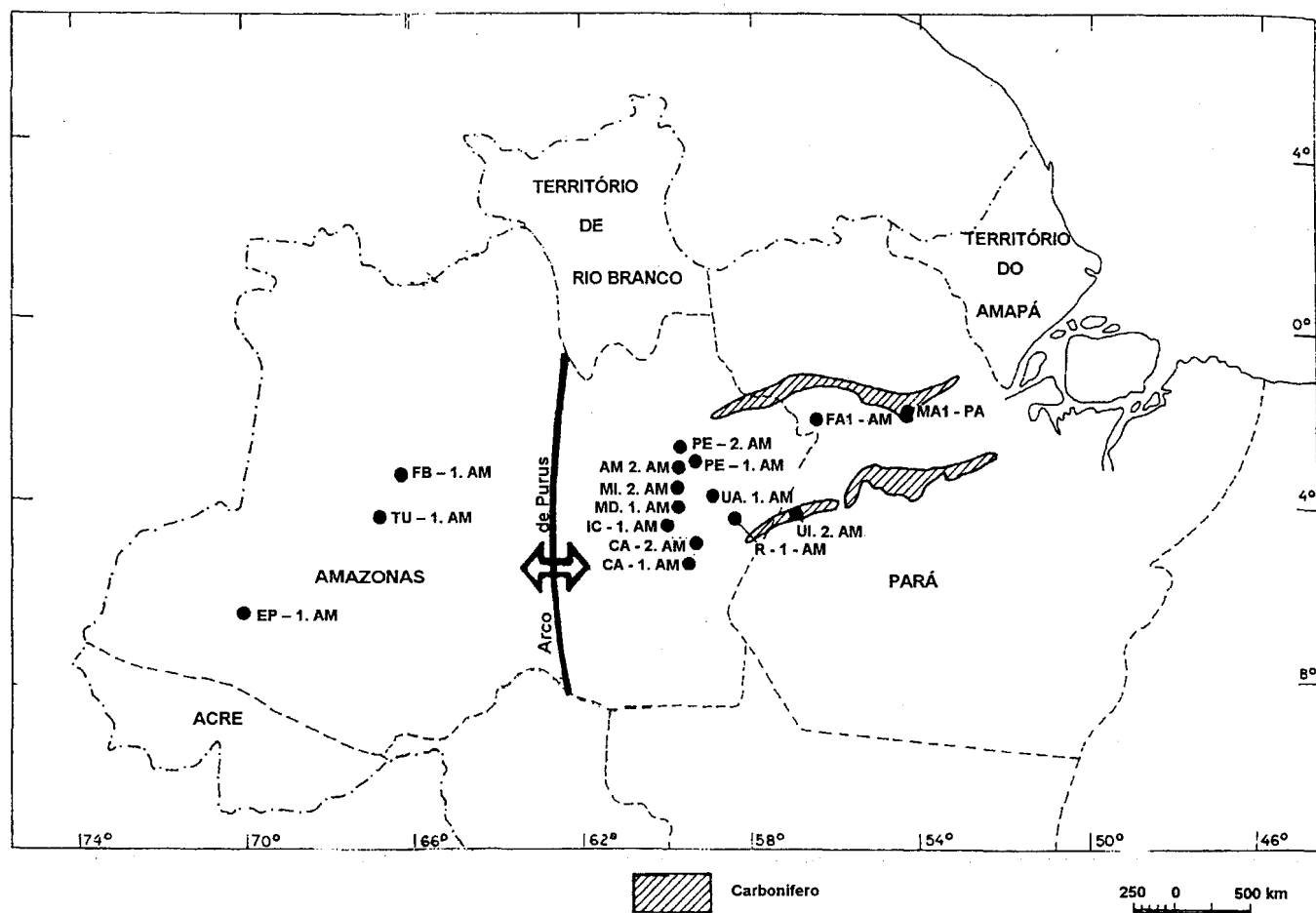


Fig. 1 - Mapa de localização dos poços investigados.  
Fig. 1 - Location map of the wells investigated.

## 2 - MÉTODOS DE TRABALHO

O material dos poços analisados refere-se, principalmente, a carbonatos. O poço 2-CA-1-AM forneceu maior número de amostras e melhor representação de conodontes e foi complementado bioestratigraficamente pelos poços 1UI-2-AM, 2-PE-2-AM, 2-AM-2-AM, utilizados para a definição das zonas propostas. Nos poços 2-CA-1-AM e 1-UI-2-AM, foi possível determinar o limite Morrowano/Atokano.

## 3 - PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

Preparou-se, aproximadamente, 1 kg de amostras de cada um dos testemunhos, totalizando 100 kg de carbonatos de material investigado. O material foi pesado e triturado em fragmentos de 1 a 3 cm de diâmetro,

sofrendo digestão ácida em solução de ácido acético glacial a 10/15%. Cada fração, depois de lavada em peneiras de 0,074 mm e secada, foi observada em lupa binocular.

As fotografias foram feitas ao microscópio eletrônico de varredura do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## 4 - REPOSITÓRIO

Os elementos descritos estão registrados no Museu de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade de São Paulo, sob os números GP/SE 2086 a GP/SE 4049.

A descrição sistemática destes elementos é encontrada em Lemos (1992 a, b).

FM. Monte Alegre	FM. Itaituba	FM. Nova Olinda
MORROWANO	ATOKANO	
	Neognathodus symmetricus	
		N. bassleri
		Hindeodus minutus
	Adetognathus lautus	
	Idiognathodus suberectus	
	Rhachistognathus muricatus	
	Idiognathoides sinuatus	
	Declinognathodus noduliferus	
		Idiognathodus delicatus
	N. medadulimus	
	Streptognathodus expansus	
	S. parvus	
		N. roundyi
		S. elegantulus
	Diplognathodus orphanus	
		D. coloradoensis
		I. magnificus

Fig. 2 - Distribuição dos conodontes na Bacia do Amazonas.  
Fig. 2 - Conodont stratigraphic range in the Amazonas Basin.

## 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES BIOCRONOESTRATIGRÁFICAS

Estabeleceu-se, para a Bacia do Amazonas, um zoneamento provisório que servirá de base para estudos com maior número de amostras, que certamente possibilitarão um refinamento desta primeira tentativa bioestratigráfica utilizando conodontes (estampa 1).

As biozonas aqui propostas são consideradas zonas de associação, de acordo com a definição de Mendes (1984).

Foram estabelecidas duas zonas de associação: *Diplognathodus orphanus/Diplognathodus coloradoensis* e *Neognathodus symmetricus/Rachistognathus muricatus*.

A Zona *Neognathodus symmetricus/Rachistognathus muricatus* abrange a Formação Monte Alegre e parte inferior da Formação Itaituba. Além dos conodontes que denominam a Zona, estão presentes: *Neognathodus bassleri*, *Hindeodus minutus*, *Adetognathus lautus*, *Declinognathodus noduliferus*, *Idiognathoides sinuatus*, *Idiognathodus delicatus*, *Idiognathodus suberectus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Streptognathodus expansus*, *Streptognathodus parvus* e *Neognathodus roundyi*. Seu limite inferior é marcado pelo aparecimento de *Neognathodus symmetricus*; o superior, pelo aparecimento de *D. orphanus* e *D. coloradoensis*.

A Zona *Diplognathodus orphanus/Diplognathodus coloradoensis* abrange as partes média e superior da Formação Itaituba, e se inicia com o aparecimento dos elementos que a denominam acompanhados por *Idiognathodus magnificus*. Seu limite superior é marcado pelo desaparecimento de *D. orphanus*.

Os conodontes presentes na Zona de *Diplognathodus* são: *Idiognathoides sinuatus*, *Idiognathodus delicatus*, *Idiognathodus magnificus*, *Neognathodus roundyi*, *Streptognathodus parvus*, *Neognathodus bassleri*, *Hindeodus minutus*, *Streptognathodus elegantulus*, *Adetognathus lautus* e *Declinognathodus noduliferus*.

Adotou-se, aqui, a Tabela de Tempo Geológico da Elsevier, revisada, atualizada e ampliada por Haq e Eynsinga (1987). Nela, foram colocadas as formações Monte Alegre, Itaituba e Nova Olinda, tendo por base os resultados obtidos até o presente com os conodontes (fig. 3).

## 6 - CONSIDERAÇÕES QUANTO AO LIMITE MORROWANO/ATOKANO

Quanto ao limite Morrowano/Atokano, encontraram-se, na elaboração do trabalho, as dificuldades já mencionadas por outros autores (Sutherland e Manger, 1983; Groves, 1986), além das inerentes à amostragem pontual efetuada por companhias de petróleo, com objetivos que não atendem especificamente a um zoneamento bioestratigráfico detalhado.

Considera-se oportuno comentar a origem das unidades Morrowano e Atokano, para melhor entendê-las e compreender a razão de tantas controvérsias, principalmente no estudo de foraminíferos e conodontes.

Embora sabendo que a seção russa apresenta melhor continuidade e excelente conjunto lito-bioestratigráfico, utilizou-se, aqui, a tradicional seção-tipo do Pensilvaniano, exposta nos campos de carvão da regiões central e ocidental da Bacia Apalachiana, situada na Pensilvânia, Estados Unidos (Sutherland e Manger, 1984).

Milhões de Anos			EUROPA OCIDENTAL	U. R. S. S		ESTADOS UNIDOS			BACIA DO AMAZONAS	
	SISTEMA PERÍODO	SÉRIE ÉPOCA	ANDAR IDADE	ANDAR IDADE		SISTEMA PERÍODO		ANDAR IDADE	FORMAÇÕES	
290	CARBONÍFERO	SUP. NEO	ESTEFANIANO	GZELIANO	URALIANO	COAL MEASURES	PENNSILVANIANO	VIRGILIANO	NOVA OLINDA	
300				KASIMOVIANO				MISSOURIANO	— ? — ? —	
310		MÉDIO	WESTFALIANO	MOSCOVIANO	SILESIANO			MILLSTONE GRIT	DESMOINESIANO	ITAITUBA
320				BASHKIRIANO					ATOKANO-DERRIANO	
330		INF.	NAMURIANO	SERPUKHOVIANO	DINANTIANO				EO MORROVANO	MONTE ALEGRE
340				EO					VISEANO	
350		NEO MERAMECIANO								
360		TOURNAISEANO	INF. OSAGEANO							
									EO KINDERHOOKIANO	

Fig. 3 - Quadro de tempo geológico para o Carbonífero, revisado, atualizado e ampliado por Haq e Eysinga (1987), modificado com a colocação das formações carboníferas da Bacia do Amazonas.

Fig. 3 - Adapted geological time table for the Carboniferous (Haq and Van Eysinga, 1987), including the Carboniferous section of the Amazonas Basin.

A princípio, o Pensilvaniano do *Midcontinent* norte-americano tornou-se importante por permitir correlação melhor do que a Bacia Apalachiana. Foram criadas as séries: Bend, Des Moines, Pottawatomie e Virgil (Moore, 1933).

Cabe ressaltar que a Série Lampasan era definida como equivalente à Zona de *Fusulinella* e incluía camadas consideradas desmoinesianas, ao passo que a Série Derryan era reconhecida pela presença de *Eoschubertella* e *Profusulinella*, com a Zona de *Fusulinella* na parte superior. Posteriormente, observou-se que a Zona de *Profusulinella* não ocorria na parte inferior da Série Derryan (Lane *et al.* 1972).

Mais tarde, aquele autor mudou para Morrowan, Desmoinesian, Missourian e Virgilian (Moore, 1937). É importante observar que, nessa época, o nome Atokan era usado para a parte inferior da série "Desmoinesian". Chenay (1940) propôs o uso formal das cinco séries: Morrowan, Atokan, Desmoinesian, Missourian e Virgilian.

Outros termos como "Bendian", "Lampasan" e "Derryan" foram utilizados para o intervalo hoje designado por "Atokan" (Sutherland e Manger, 1984).

Spivey e Roberts (1946), estudando os fusulinídeos no Texas Central, propuseram o nome Atokan especificamente para o que seria o intervalo pré-Desmoinesiano, pós-Morrowano. A série é caracterizada pela presença dos foraminíferos mais evoluídos do que o gênero *Millerella*, que também pode ocorrer associado a eles, mas incluindo *Pseudostaffella*, *Ozawainella*, *Profusulinella* e *Fusulinella*. Os autores suprimiram as séries Lampasan, Bendian e Derryan.

Moore e Thompson (1949) e Chency e Goss (1952) propuseram o uso de Série como Andar (*stage*), o

mesmo sendo feito por Salvador (1985), mas infelizmente esta proposta nunca recebeu aceitação geral.

A maioria das controvérsias em torno do Atokano ocorre por problemas da área-tipo. Na realidade, a Formação Atokan (Atokan Formation) foi transformada em Série Atokan (Atokan Series), caracterizada pela presença de *Pseudostafella*, *Ozawainella*, *Profusulinella*, *Fusiella* e *Fusulinella*. No entanto, trabalhos posteriores (Groves, 1986) demonstram que a seção é incompleta e inadequada para seção-tipo, porque o gênero *Profusulinella* ocorre em diversas outras áreas na parte média do Atokano. Também Lane *et al.* (1985b) referem-se a conodontes Atokanos na base do horizonte Akavassky da seção-tipo Bashkiriano dos Urais, marcada igualmente pelo aparecimento de *Pseudostafella antiqua*.

Assim, o aparecimento de *Profusulinella* não coincide com o limite Morrowano/Atokano. Por este motivo, camadas contendo este gênero devem ser consideradas em posicionamento superior, definido pela presença de *Pseudostafella-Eoschubertella* dentro da Zona de *Millerella*.

O melhor resultado foi obtido no poço 2-CA-1-AM, na Bacia do Amazonas, onde foi possível estabelecer o limite entre os andares Morrowano e Atokano (fig. 4), situado dentro da Formação Itaituba. Aparentemente, os fósseis que caracterizam este intervalo nos poços citados associam-se à transgressão que propiciou a sedimentação dos folhelhos do M-65 (Szatmari *et al.* 1975).

A correlação litoestratigráfica parece indicar grande continuidade lateral do intervalo do M-65, mas ainda existe a necessidade de um rígido

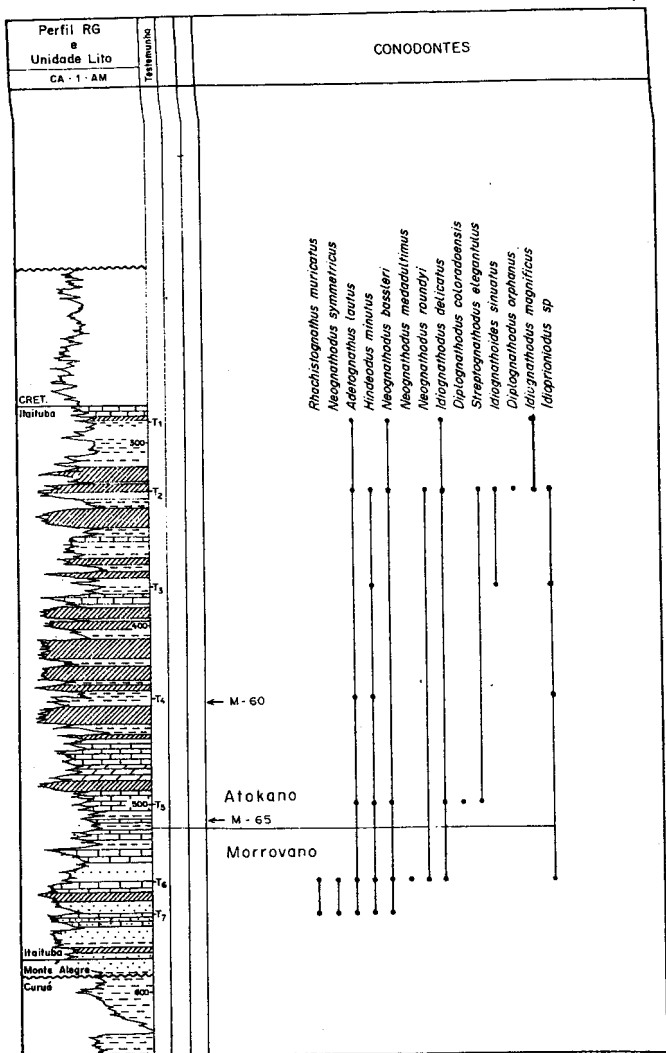


Fig. 4 - Perfil raios gama, litologia e distribuição de conodontes no poço 2-CA-1-AM.

Fig. 4 - Gamma-ray log, lithology and conodonts distribution in well 2-CA-1-AM.

controle bioestratigráfico para determinar as possíveis descontinuidades (hiatos erosionais e não-deposicionais) que devem ter ocorrido associadas a épocas de abaixamento do nível do mar. Estes hiatos devem estar situados nas áreas topograficamente mais altas, incluindo os flancos de bacias e altos interiores. Não há dúvidas de que as correlações estão sujeitas a impropriedades devidas a feições de *onlap* que caracterizam as relações de contato entre as camadas associadas às transgressões e aquelas de final do ciclo anterior. A base de um ciclo poderá não ser a mesma do ponto de vista cronolitoestratigráfico quando se muda de local, principalmente nos flancos das regiões altas ou soerguidas durante a sedimentação.

O *onlap* descrito por Della Fávera e Possato (1983) para a sedimentação Monte Alegre-Itaituba deve ser visto de forma holística como presente também dentro de cada ciclo, resultando em sedimentação cíclica que avança cada vez mais para os bordos da bacia (fig. 5).

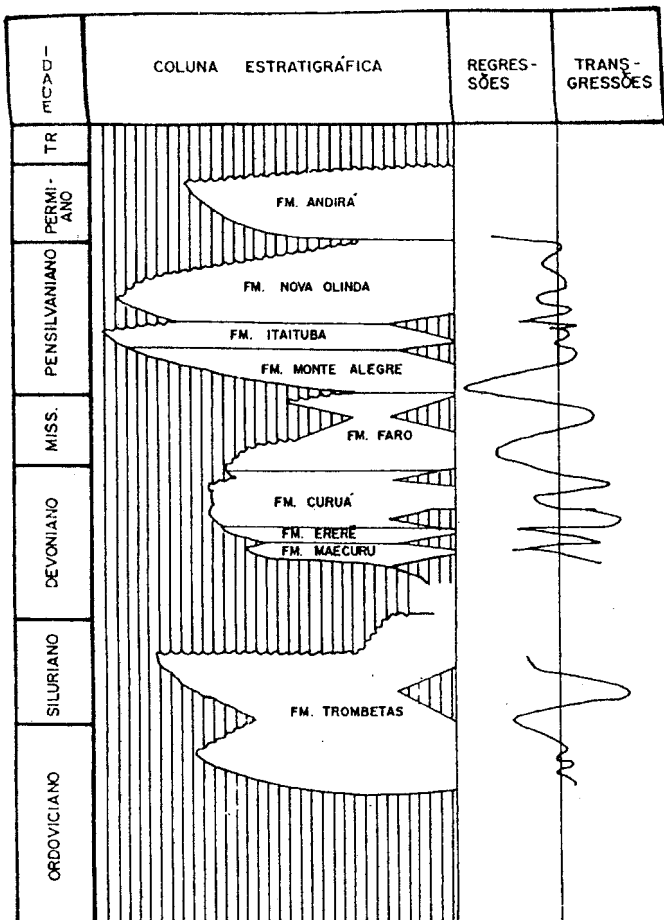


Fig. 5 - Coluna estratigráfica da Bacia do Amazonas (Della Fávera e Possato, 1983).

Fig. 5 - Stratigraphic column of the Amazonas Basin (Della Fávera and Possato, 1983).

Ross e Ross (1988) construíram uma curva de *onlap* costeiro, utilizada como indicativo das variações eustáticas do nível do mar durante o Carbonífero. Este fenômeno foi observado nos resultados da Bacia do Amazonas. A aridez crescente em direção ao final do Carbonífero é comprovada pela escassez cada vez maior de organismos à medida que se aproximam as partes mais altas das formações Itaituba e Nova Olinda. No entanto, outro fato parece ter influência: os ciclos durante o Morrowano e Atokano eram mais prolongados e havia tempo para maior permanência do ambiente marinho normal e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento da fauna marinha. Quando são analisados os ciclos mais novos, observa-se que a fauna marinha é mais reduzida mas as transgressões são mais extensas, atingindo áreas nunca alcançadas durante o Morrowano, com o *onlap* costeiro avançando sobre as regiões continentais que bordeavam as bacias. Durante o Atokano, o mar já transgredia sobre o Arco de Purus.

Na Bacia do Amazonas, utilizou-se *Diplognathodus coloradoensis* e *D. ophanus* para delimitar o Atokano.

Sabendo-se, hoje, que o Atokano fazia parte anteriormente do Desmoinesiano, é possível que as datações de Petri (1956), por intermédio do que

classificou como *Fusulinella* e que datou como Desmoinesiano, correspondam a *Profusulinella*, que pertence ao Atokano Médio (Altiner e Savini, 1991).

## 7 - CONCLUSÕES

O estudo sistemático de conodontes da Bacia do Amazonas permitiu o reconhecimento de formas pertencentes ao Carbonífero Superior.

Estabeleceram-se duas zonas de associação que servirão de base para estudos futuros. Estas zonas foram denominadas *Neognathodus symmetricus/Rhachistognathus muricatus* e *Diplognathodus coloradoensis/Diplognathodus orphanus*. A primeira tem uma associação característica do Morrowano, constituída por *Rhachistognathus muricatus*, *Neognathodus symmetricus*, *N. bassleri*, *Adetognathus lautus*, *Streptognathodus parvus* e *Idiognathodus suberectus*. Seu desenvolvimento se dá na Formação Monte Alegre e parte inferior da Formação Itaituba.

A presença de *Diplognathodus coloradoensis* e *Diplognathodus orphanus*, associados a *Idiognathodus magnificus*, caracteriza o Atokano na segunda Zona. Seu desenvolvimento é observado na Formação Itaituba.

Quanto à paleoecologia da Bacia do Amazonas durante o Carbonífero, conodontes e outros organismos

habitavam o ambiente marinho enquanto a salinidade era favorável ao seu desenvolvimento.

É importante considerar, nestas conclusões e para trabalhos futuros, o conhecimento de que a sedimentação carbonífera ocorreu sob condições de oscilações cíclicas do nível do mar, além de ter sofrido influência dos fenômenos normais que acompanham a subsidência de uma bacia (movimentos tectônicos e mudanças climáticas, por exemplo). Estas oscilações podem ser atribuídas a fenômenos glacioeustáticos (Wanless e Shepard, 1936; Heckel *et al.* 1980; Veevers e Powell, 1987) e são observadas e descritas também nas seqüências carboníferas na Europa, na Rússia e Estados Unidos. A partir dos estudos biocronoestratigráficos, é possível concluir que, nas formações Monte Alegre e Itaituba, a sedimentação começou no Morrowano, abrangendo a maior parte da bacia. Porém, trabalhos concluídos recentemente (Lemos, neste volume) indicam a existência de sedimentação chesteriana envolvendo as duas formações, que podem ser consideradas interdigitadas. Os carbonatos marinhos da Formação Itaituba avançaram sobre os sedimentos continentais da Formação Monte Alegre, durante as transgressões. E os arenitos eólicos da Formação Monte Alegre ocuparam áreas litorâneas expostas durante as regressões em ciclos de alta freqüência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTINER, D., SAVINI, R. *Pennsylvannian foraminifera and carbonate microfacies from the Amazonas and Solimões Basins: biostratigraphic, paleoecologic and paleogeographic results*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1991, 71f. (Relatório Interno).
- CHENEY, M. G. Geology of north-central Texas. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 24, p. 65-118, 1940.
- CHENEY, M. G., GOSS, L.F. Tectonics of Central Texas; *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa, v. 36, p. 2237-2265, 1952.
- DELLA FÁVERA, J. C., POSSATO, S. The use of despositional sequences as a tool for oil exploration in Brazilian sedimentary basins. In: GEOLOGICAL CONGRESS OF THE MIDDLEEAST. 1983, Bagda. *Proceedings...* Bagda : Arab Geologist Association, 1983, p. 22-24.
- GROVES, J. R. Foraminiferal characterization of the Morrowan-Atokan (Lower Middle Pennsylvania) boundary. *Bulletin Geological Society of America*, Boulder, v. 97, p. 346-353, 1986.
- HAQ, U. B. VAN EYSINGA, F. W. *Geological Time Table*. 4. ed. Amsterdam : Elsevier, 1987.
- HARLAND, B. *et al.* *A geologic time scale 1989*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 263p.
- HECKEL, P. H., PROCE, R. C., SCHUTTER, P. O. Glacial eustatic model for black-shale-bearing pennsylvanian cyclothems of Midcontinent and Illinois. 10 th Annu. SEPM Great Lakes Sect. Univ. Urbana. Fied. Conf. Guide Book, 9/26 - 28-80, 1980.
- LANE, H. R., BAESEMANN, J. F., BRECKLE, P. L., WEST, R. R. Arrow Canyon, Nevada : a potencial Mid-Carboniferous boundary stratotype. *Compte Rendu*, v. 4, p. 429-439, 1985.
- LANE, H.R. SANDERSON, G.A., VERVILLE, G.J. Uppermost Mississippian - basal Middle Pennsylvannian conodonts and fusulinids from several exposures in the South-central and Southwest United States. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 24., 1972, Montréal. *Proceedings...* Québec : Harpell's Press, 1972. 650p. p.549-555. Section 7 Paleontology.
- LANE, H. R., BOUCKAERT, J., BRECKLE, P. L., EINOR, O. L., HAVLENA, V., HIGGINS, A. C., YANG JING-ZHI, KIANGER, W. L., NASSICHUCK, W., NEMIROVSKAYA, T., OWENS, B., RAMSBOTTOM, W. H. C.; REITLINGER, E. A., WEYANT, M. Proposal for an international Mid-Carboniferous Boundary. *Compte Rendu*, v. 4, p. 323-339, 1985.

- LANE, H. R., BAESEMANN, J. F., GROVES, J. R. Is the base of the Reticuloceras zone a reliably recognizable biostratigraphic level? In: LANE, H.R., ZIEGLER, W. (Ed.), *Toward a boundary in the middle of carboniferous: stratigraphy and paleontology*. Frankfurt: Die Gesellschaft, 1985. p. 137-148 (Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 74).
- LANZARINI, W. L. *Fácies sedimentares e ambiente deposicional da Formação Monte Alegre na área de Juruá, Bacia do Alto Amazonas - diagênese e permoporosidade dos arenitos reservatórios*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 1984. 215 p. Dissertação (Mestrado).
- LEMOS, V. B. *Assembléias de conodontes do Carbonífero da Bacia do Amazonas*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. 1 v. Tese (Doutorado). 259p.
- LEMOS, V. B. Conodontes do Carbonífero das bacias do Amazonas e Solimões. *Taxonomia*, Parte I. Pesquisas, v. 19, n.1, p. 75-93, 1992a.
- LEMOS, V. B. Conodontes do Carbonífero das bacias do Amazonas e Solimões. *Taxonomia*, Parte II. Pesquisas, v. 19, n.2, p. 120-131, 1992b.
- MOORE, R. C. Upper carboniferous rocks a southeastern Kansas and Northeastern Oklahoma: Kansas Geological Society, 11th Annual Field Conference, p. 9-16, 1937.
- MOORE, R. C., THOMPSON. Main division of Pennsylvanian period and system. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa, v. 11, n. 33, p. 275-302, 1933.
- PETRI, S. Foraminíferos do Carbonífero da Amazônia. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, v.5, n.2, p. p.17-30, 1956.
- ROSS, C. A., ROSS, J.R.P. Late Paleozoic transgressive - regressive deposition. Sea level changes - an integrated approach. SEPM. Special Publication n. 42, 42, 1988.
- SALVADOR, A. Chronostratigraphic and Geochronometric scales in COSUNA Stratigraphic correlation charts of the United States. *Bulletin of the American Association Petroleum Geologists*, v. 69, n.2, p. 181-189, 1985.
- SAVINI, R., ALTINER, D. A fauna de fusulinídeos do poço 1 - NO -1-AM (Bacia do Amazonas): implicações para um novo posicionamento cronoestratigráfico da Formação itaituba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11.,1989, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1989, v. 2, p. 961-969.
- SPIVEY, R. C., ROBERTS, T. G. Lower Pennsylvanian terminology in Central Texas. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, v. 30, p. 181-186, 1946.
- SUTHERLAND, P. K., MANGER, W. L. The Morrowan-Atokan (Pennsylvanian) boundary problem. *Geological Society American Bulletin*, v. 94, p. 543-548, 1983.
- SUTHERLAND, P. K., MANGER, W. L. The Atokan series: an interval in search of a name. *Bulletin Oklahoma Geological Survey*, v. 136, p. 1-8, 1984.
- SZATMARI, P., SIMÕES, I.A., CARVALHO, R.S. *Evaporitos da Bacia do Amazonas*, Rio de Janeiro. PETROBRAS. DEXPRO. DIVEX. SEGEL, 1975. 128f. (Relatório Interno).
- VEEVERS, S. S., POWELL, C. Mc A. Late Paleozoic glacial episodes in Gondwanaland reflected in transgressive-regressive depositional sequences in Euroamerica. *Bulletin Geological Society of America*, v.98, p. 457-487, 1987.
- VON BITTER, P. H. Environmental control of conodont distribution in the Shawnee Group (Upper Pennsylvanian) of Eastern Kansas. *Paleoecological Contribution Article*, v. 59, p. 1-105, 1982.
- WANLESS, H. R., SHEPARD, F. P. Sea level and climatic changes related to Late Paleozoic cycles. *Geological Society of America Bulletin*, v. 47, p. 1177-1206, 1936.

## EXPANDED ABSTRACT

Carboniferous carbonates from wells drilled in the Amazonas and Solimões basins, Brazil, were processed for conodont biostratigraphic studies. Only in two wells (2-CA-1-AM and 1-UI-2-AM) it was possible to identify the Morrowan-Atokan boundary. The depositional sequence begins with fluvial-aeolian Morrowan Monte Alegre sandstones which interfinger, and was ultimately replaced upwards by marine carbonates from the Itaituba Formation in a transgressive-regressive cycle. A pronounced unconformity characterizes the lower contact of the Monte Alegre Formation with the pre-Carboniferous, mainly Devonian, sediments.

The Itaituba Formation consists of interbedded carbonates, evaporites and shales, grading upwards to the Nova Olinda Formation with similar composition. Radioactive black shale horizons are the result of maximum inundations during the cyclic transgression and constitute excellent marker beds. Evaporites represent regressive events followed by desiccation and associated with glacial-eustatic controls.

Two assemblage-zones were established for the Carboniferous section: the Morrowan *Neognathodus symmetricus/Rhachistognathus muricatus* Zone, associated with the Monte Alegre Formation and the lower part of the Itaituba Formation, with *Neognathodus bassleri*, *Adetognathus lautus*, *Streptognathodus parvus*, *Idiognathodus suberectus*, *Declinognathodus noduliferus*, *Hindeodus minutus*, and the Atokan associated with the middle and upper portions of the Itaituba Formation with *Diplognathodus orphanus/Diplognathodus coloradoensis* Zone associated with *I. sinuatus*, *I. delicatus*, *I. magnificus*, *N. roundyi*, *S. parvus*, *N. bassleri*, *Hindeodus minutus*, *S. elegantulus*, *A. lautus* and *Declinognathodus noduliferus*.

The boundary between the two intervals is situated just below the shale marker M-65. This represents the first noticeable maximum inundation event which transgressed over the Purus Arch, during the Carboniferous in the Amazonas Basin.



ESTAMPA 1/ PLATE 1

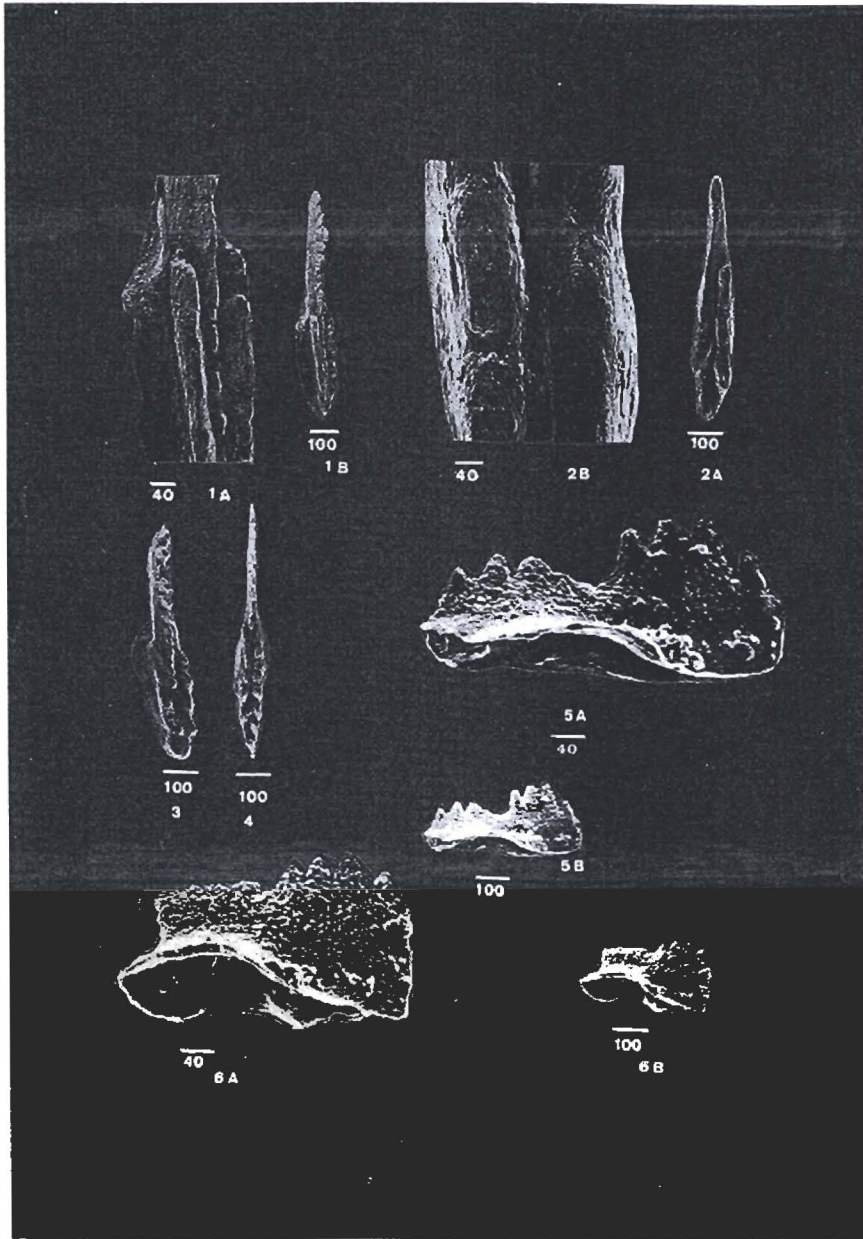


Fig. 1a - *Neognathodus symmetricus* (Lane, 1967), AM-5-AM, P. 163, T. 9, GP/SE 2293, Elemento Pa (detalhe).

Fig. 1b - *Neognathodus symmetricus* (Lane, 1967), AM-5-AM, P. 163, T. 9, GP/SE 2293.

Fig. 2a - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), UI-2-AM, P. 85(1), T. 2, GP/SE 2364

Fig. 2b - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), UI-2-AM, P. 85(1), T. 2, GP/SE 2364 (detalhe).

Fig. 3 - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), PE-2-AM, P. 4(3), T. 2, GP/SE 3806.

Fig. 4 - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), EP-1-AM, P. 193(5), T. 5, GP/SE 3186.

Fig. 5a - *Diplognathodus orphanus* (Merrill, 1973), MA-1-PA # 10 P. 205, GP/SE 3313 (ampliada).

Fig. 5b - *Diplognathodus orphanus* (Merrill, 1973), MA-1-PA # 10 P. 205, GP/SE 3313.

Fig. 6a - *Diplognathodus coloradoensis* (Murray e Chronic, 1965), MD-1-AM P. 8 # 1, GP/SE 3814 (ampliada).

Fig. 6b - *Diplognathodus coloradoensis* (Murray e Chronic, 1965), MD-1-AM P. 8 # 1, GP/SE 3814.

Fig. 1a - *Neognathodus symmetricus* (Lane, 1967), AM-5-AM, P. 163, T. 9, GP/SE 2293, Element Pa (detail).

Fig. 1b - *Neognathodus symmetricus* (Lane, 1967), AM-5-AM, P. 163, T. 9, GP/SE 2293.

Fig. 2a - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), UI-2-AM, P. 85(1), T. 2, GP/SE 2364

Fig. 2b - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), UI-2-AM, P. 85(1), T. 2, GP/SE 2364 (detail).

Fig. 3 - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), PE-2-AM, P. 4(3), T. 2, GP/SE 3806.

Fig. 4 - *Rhachistognathus muricatus* (Dunn, 1965), EP-1-AM, P. 193(5), T. 5, GP/SE 3186.

Fig. 5a - *Diplognathodus orphanus* (Merrill, 1973), MA-1-PA # 10 P. 205, GP/SE 3313 (enlarged).

Fig. 5b - *Diplognathodus orphanus* (Merrill, 1973), MA-1-PA # 10 P. 205, GP/SE 3313.

Fig. 6a - *Diplognathodus coloradoensis* (Murray and Chronic, 1965), MD-1-AM P. 8 # 1, GP/SE 3814 (enlarged).

Fig. 6b - *Diplognathodus coloradoensis* (Murray and Chronic, 1965), MD-1-AM P. 8 # 1, GP/SE 3814.