

## CATODOLUMINESCÊNCIA COMO INSTRUMENTO DE REFINAMENTO PETROGRÁFICO DE CALCÁRIOS DA FORMAÇÃO ITAITUBA (PA), BACIA DO AMAZONAS

Sávio Henrique Moreira de Almeida<sup>1</sup> (UFPA), Moacir José Buenano Macambira<sup>2</sup> (UFPA), Ian McReath<sup>3</sup> (USP)

<sup>1</sup>CP8608 Laboratório Pará-Iso, Universidade Federal do Pará, 66075-110 Belém (PA), saviogeo@yahoo.com.br

<sup>2</sup>CP8608 Laboratório Pará-Iso, Universidade Federal do Pará, 66075-110 Belém (PA), moamac@ufpa.br

<sup>3</sup>R. do Lago 562, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 05508-900 S. Paulo (SP), ianmcr@usp.br

A Formação Itaituba faz parte do Grupo Tapajós que representa o último ciclo transgressivo-regressivo do Paleozóico da Bacia Sedimentar do Amazonas e é uma seqüência cíclica composta de vários litotipos como calcários com alto conteúdo de bioclóstos marinhos, dolomitas, folhelhos, siltitos, arenitos e evaporitos. Ela tem sido objeto de investigações, principalmente pela Petrobras, em função de poder funcionar como selante dos voláteis aprisionados nos arenitos da Formação Monte Alegre e por apresentar ocorrência de óleo. Na exploração de hidrocarbonetos a catodoluminescência (CL) pode auxiliar no estudo dos processos diagenéticos e da evolução da porosidade de reservatórios, pois a cimentação mineral é o principal controlador da porosidade em uma formação sedimentar. Na petrografia de carbonatos é utilizada no reconhecimento das diferentes gerações de carbonatos e pode também indicar a distribuição dos elementos traços em certos minerais e microfraturas, revelar áreas de recristalização de minerais, fornecer informações a respeito das condições de redução usando o Mn, Fe e Eu, entre outros.

O trabalho apresenta diferentes padrões de cores das imagens em CL de amostras de dolomita e calcita da Formação Itaituba, identificadas com base em difração de raios-x. Compara os resultados de análises químicas com os resultados da CL, assim como levanta questões a respeito da natureza redutora ou oxidante da água de precipitação. Observaram-se variações de luminescência da dolomita e, com auxílio da análise semiquantitativa por difração de raios-x, identificou-se que tais variações podem estar diretamente relacionadas com as variações da concentração deste mineral. As amostras mais dolomitizadas tendem a apresentar uma luminescência caracterizada por uma cor vermelho escuro que se atenua com o decréscimo da concentração deste mineral. As cores amarelo e laranja são mais características das amostras com calcita. As zonas com luminescência caracterizada por uma cor azul a violeta podem estar relacionadas à calcita pura ou com baixas concentrações de ativadores. Através de análises químicas, quantificou-se as concentrações do  $Mn^{2+}$  como abaixo de 1 ppm. Mas com base na CL, foi possível sugerir que nas seções examinadas o  $Mn^{2+}$  está presente em teores que podem estar acima de 10 ppm, considerando este valor como limite inferior de ativação do  $Mn^{2+}$  em calcita, ou que outros elementos estão agindo como ativadores. Algumas amostras mostraram imagens de CL semelhantes a uma conhecida combinação de cimentos escuro/moderadamente brilhante/brilhante. Tendo em conta o  $Mn^{2+}$  como ativador e o  $Fe^{2+}$  como inibidor, a zona escura poderia representar precipitação a partir de águas oxidantes mais ou menos livre de  $Fe^{2+}$  e  $Mn^{2+}$ . Com o consumo de oxigênio, as condições se tornaram rapidamente subóxicas, permitindo o  $Mn^{2+}$  existir em solução e ser incorporado no crescimento do cristal de calcita, o que não se dá com o  $Fe^{2+}$ . Quando as condições se tornaram anóxicas, tanto o  $Mn^{2+}$  como o  $Fe^{2+}$  estiveram presentes nos fluidos e foram incorporados no cimento. Esta rápida alteração na luminescência de escura para moderada resulta da precipitação a partir de uma água com flutuações químicas, mas pode ser causada pelo desequilíbrio na precipitação na qual a presença de elementos traços não é teoricamente esperada.

*Catodoluminescência, Carbonatos, Formação Itaituba, Bacia do Amazonas*

### 1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Amazonas é uma bacia intracratônica com cerca de 500.000 km<sup>2</sup>, limitada a norte pelo Escudo das Guianas, a sul pelo Escudo Brasileiro, a oeste pela Bacia do Solimões através do Arco de Purus, e a leste, pelo Arco de Gurupá (Cunha *et al.* 1994). A área de estudo está localizada na borda sul da Bacia do Amazonas (Fig. 1), onde a formação de interesse aflora ao longo do Rio Tapajós e em vários outros pontos, incluindo as pedreiras da empresa CAIMA.

Segundo Caputo (1984), a Formação Itaituba apresenta-se como uma unidade cíclica composta de vários litotipos como calcários com alto conteúdo de bioclóstos marinhos, dolomitas, folhelhos, siltitos, arenitos e evaporitos. Ela faz parte do Grupo Tapajós (Fig. 2), que corresponde ao último ciclo deposicional transgressivo-regressivo do Paleozóico na Bacia Sedimentar do Amazonas, entre o Neocarbonífero e Neopermiano, associado a mudanças climáticas significativas de frio para quente árido (Cunha *et al.* 1994).

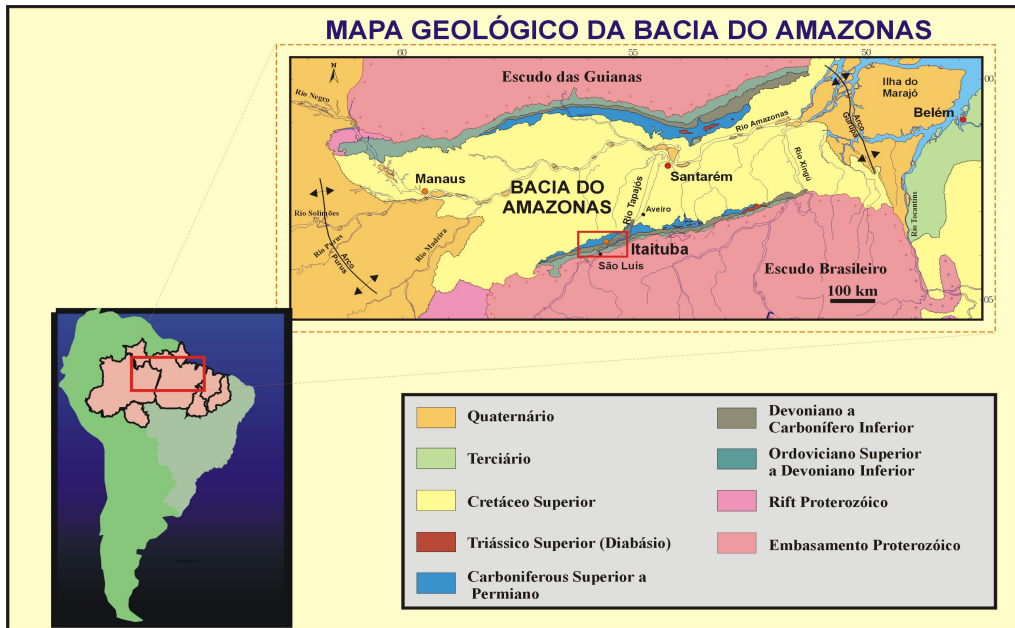


Figura 1. Mapa de localização e mapa geológico da Bacia do Amazonas. A área em estudo está destacada no retângulo vermelho (Eiras *et al.*, 1998).

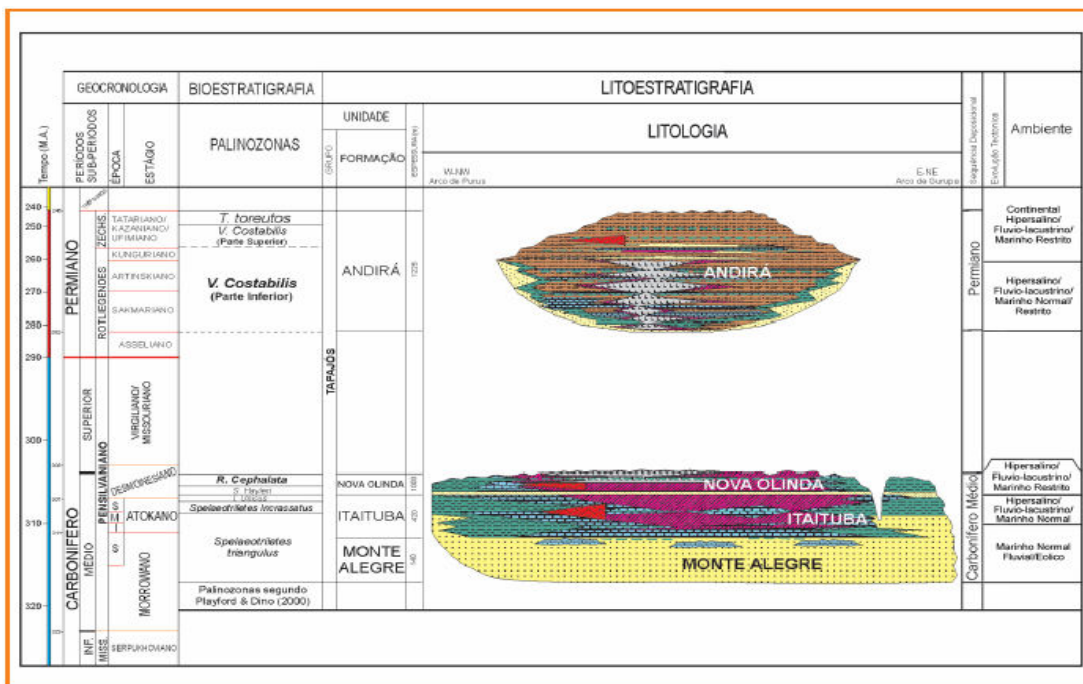


Figura 2. Carta estratigráfica da Bacia do Amazonas entre o Carbonífero e o Permiano (Grupo Tapajós). Fonte: Matsuda *et al.* (2004).

A Formação Itaituba tem sido objeto de investigações, principalmente pela Petrobras, em virtude de estar sobreposta às formações Monte Alegre e Barreirinha. Segundo Matsuda (2002), as rochas que apresentam maior potencial de geração de hidrocarbonetos na bacia são os folhelhos da Formação Barreirinha. Estes folhelhos estão recobertos pelos arenitos da Formação Monte Alegre, os quais são considerados os principais reservatórios da bacia. Nesse contexto, a Formação Itaituba é considerada como reservatório secundário, contudo ela recebe maior atenção por poder funcionar como selante devido sua intercalação com rochas evaporíticas. Portanto, o conhecimento da idade, ambiente de deposição e porosidade-cimentação da Formação Itaituba é um ponto fundamental para avaliar o potencial da seqüência carbonífera da Bacia do Amazonas em termos de reservatório de hidrocarbonetos.

O objetivo do trabalho é separar os domínios de calcita dos de dolomita de amostras da Formação Itaituba, uma vez que essa última é produto de processos diagenéticos e representa remobilizações de elementos, o que pode ser um aspecto negativo para os resultados isotópicos que serão obtidos em uma segunda etapa deste estudo.

O trabalho permitirá, assim, selecionar as amostras mais adequadas para o emprego de razões isotópicas do Sr através de um estudo petrográfico minucioso com auxílio de imagens de catodoluminescência (CL) na busca de selecionar aquelas que não apresentem sinais significativos de recristalização, oxidação e presença de material clástico (pelitos), bem com discutir os processos de cimentação.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Adams & Mackenzie (1998), alguns materiais naturais emitem luz no espectro visível quando são bombardeados com um feixe de elétrons, cujo fenômeno é conhecido como catodoluminescência (Pagel *et al.* 2000). A CL tem sido usada em microscopia eletrônica desde a década de 1960 e passou a ser utilizada em diversos estudos de minerais. Essa análise tem sido aplicada em vários campos das geociências, a exemplo da geologia estrutural, petrologia, estudo de circulação de fluidos e de cerâmicas (Pagel *et al.* 2000). As análises de CL podem também ser utilizadas como suporte em estudos de datação absoluta (datação utilizando isótopos estáveis e radiogênicos, inclusão fluida datação paleomagnética etc.), interpretação da salinidade, temperatura, paleo-Eh de formações, tentativa do estabelecimento de paleodireções de fluxo, entre outros. Na indústria do petróleo, a CL pode ser empregada no estudo de evolução da porosidade de reservatórios de hidrocarbonetos e ainda na identificação de componentes marinhos (cimentos ou biohermas, principalmente braquiópodes), que são pouco alteráveis pela recristalização, assim como no auxílio da determinação da composição isotópica de paleo-oceanos (Popp *et al.* 1986, Lohmann & Walker 1989 e Tobin *et al.* 1996 in Pagel *et al.* 2000).

Em virtude de minerais carbonáticos serem particularmente propensos à luminescência desde que estejam devidamente polidos em finas seções (Marshall 1988), a aplicação da CL se tornou uma rotina adicional nos estudos de carbonatos (Adams & Mackenzie, 1998). De fato, o refinamento petrográfico (identificação da assembléia mineral, conteúdoossilífero e estruturas) baseado em imagens de CL revela-se como um importante instrumento na compreensão dos processos diagenéticos que poderiam ter alterado a composição original de calcários, assim como na indicação da variação das concentrações dos elementos traços nos fluidos intraformacionais, e das condições oxidantes e redutoras através da distribuição dos elementos Fe e Mn.

Quase toda CL em carbonatos é causada por elementos traços, incluindo os ETRs, em solução sólida, os quais atuam como ativadores, sensibilizadores e dissipadores (Pagel *et al.* 2000). Segundo Adams & Mackenzie (1998), os íons que mais afetam a intensidade da luminescência em carbonatos são o  $Mn^{+2}$  e o  $Fe^{+2}$ ; o manganês se comporta como um ativador e o ferro como dissipador. Caracteristicamente, enquanto calcita apresenta luminescência entre amarelo e laranja, dolomita tende ser vermelha, embora existam variações. Neste sentido, utilizando a ponte entre os estudos petrográficos por CL e análises micro-químicas, supõe-se que os diversos padrões de luminescência da dolomita e calcita estariam diretamente relacionados com as variações composicionais desses minerais nas amostras analisadas.

Walker *et al.* (1989), apontam que muitos sedimentologistas têm documentado as variações na intensidade da CL em calcita e dolomita e correlacionando tal ocorrência com as variações nas quantidades de Mn e Fe. Indicam ainda, que a CL tem sido extensivamente empregada em estudos diagenéticos para revelar informações que não poderiam ser obtidas através de outros métodos. Diante desse fato, os resultados obtidos a partir da CL podem ser confrontados com as análises químicas de elementos traços como Mn e Fe, visando melhorar a precisão do método.

Sippel & Glover (1965), Richter & Zinkernagel (1981), Amiex (1982), Mason (1987) e Machel *et al.* (1991) in Haberman *et al.* (1998), registram que em calcita pura ou com quantidades muito reduzidas de elementos traços ativadores ( $Mn^{2+}$ ,  $Sm^{2+}$ ,  $Tb^{3+}$ ,  $Dy^{3+}$ ,  $Eu^{2+}$ ,  $Eu^{3+}$  etc.), a luminescência é caracterizada por um azul pálido causado pela imperfeição do cristal. Existem questões a serem respondidas nesse aspecto, por exemplo, se a dolomita pura se comportaria de forma semelhante. Ainda segundo Haberman *et al.* (1998), o limite de inferior de ativação para o  $Mn^{+2}$  tem sido motivo de controvérsias por vários autores.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Técnicas de catodoluminescência

Os sistemas analíticos de CL podem ser divididos em dois tipos: (1) CL acoplada a uma microsonda eletrônica ou microscópio eletrônico e (2) CL gerada por uma rajada de elétrons e ligada a um microscópio óptico. Outras combinações são possíveis também, como o ataque por meio de um catodo quente acoplado a microscópio óptico (Ramseyer *et al.* 1989 in Pagel *et al.* 2000).

### 3.2. Instrumento utilizado

O método adotado neste trabalho está relacionado com o segundo sistema analítico. As análises foram realizadas por meio de um Luminoscópio ELM-3R operando sob vácuo (50-80 mTorr) com feixe de elétrons de 8

kv, 0,3 mA e de aproximadamente 1,0 x 0,8 cm, para obtenção de imagens de reconhecimento (foco de 25%), e feixe de elétrons de 5 kv, 0,5 mA e de aproximadamente 1,5 x 1,0 cm, para obtenção das imagens em CL. O aparelho está acoplado a um microscópio Olympus BX50 com objetivas de 10x e 5X/0,15 que dispõe de uma câmera fotográfica digital Olympus C5050, todos pertencentes ao Departamento de Mineralogia e Geotectônica da Universidade de São Paulo.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em critérios petrográficos e químicos, foram selecionadas 47 amostras de calcário da Formação Itaituba coletadas em corte de lavra nas minas da Companhia Agroindustrial de Monte Alegre (CAIMA), Itaituba (PA), denominadas de pedreiras 1 e 2 (Fig. 3), e de testemunhos de furo de sondagem que completa a seqüência formada pelas duas pedreiras. A partir das amostras foram confeccionados tabletes de 3 cm de comprimento por 2 cm de largura e 3 mm de espessura, preparados na oficina de laminação do Departamento de Geoquímica e Petrologia da Universidade Federal do Pará. Da pedreira 1 é extraído calcário calcítico utilizado na fabricação de cimento, com teores de MgO e CaO de 2,5-4,5% e 48-51%, respectivamente. Da pedreira 2 é explotado calcário magnesiano utilizado para correção de solo e brita, apresentando teores de MgO de 5-6% na base da pedreira e 12-15% no topo, e 37% de CaO na base (Oliveira, 2004).

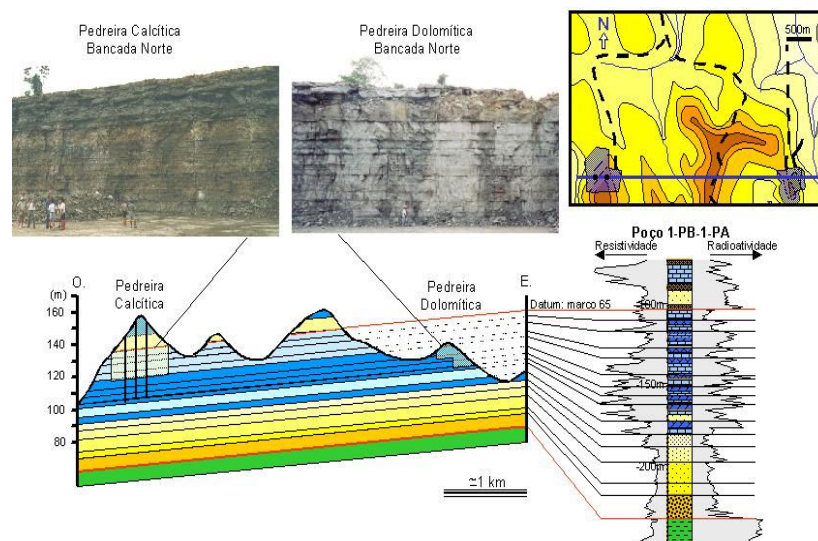


Figura 3. Disposição espacial e estratigráfica das pedreiras 1 (calcítica) e 2 (dolomítica) e correlação com o poço 1-PB-1-PA da Petrobras. Fonte: Oliveira (2004).

Com base na observação conjunta das imagens à luz refletida e CL foi possível refinar os estudos petrográficos previamente realizados. Esta etapa pode ser dividida em duas: Refinamento petrográfico à luz refletida e refinamento petrográfico em CL.

No refinamento petrográfico à luz refletida foi possível identificar minerais que não foram detectados com auxílio do microscópio óptico, a exemplo de sulfetos (Fig. 4 A), que se apresentam disseminados e que ora ocorrem em forma de filetes dispersos na matriz, ora preenchendo cavidades. Em alguns casos são constituintes das conchas de fósseis. De modo geral, esses sulfetos tendem se concentrar principalmente nas amostras do furo de sondagem que corta as camadas abaixo da pedreira calcítica e a parte superior da pedreira dolomítica. Com relação às características texturais, destaca-se o aspecto sacaroidal (Fig. 4 B), presente em quase todo o conjunto das amostras. A textura observada no material preenchendo as conchas de fósseis em geral é mais grossa e, em alguns casos, sugere influenciar na CL. O estudo também revelou planos irregulares que poderiam estar relacionados a estruturas sedimentares (Fig. 4 C), a exemplo de estilólitos, os quais podem ter sido gerados pela compactação. As imagens ainda revelam que esses calcários e dolomitos apresentam um grande número de fraturas e cavidades (Fig. 4 D); as últimas podem estar relacionadas à dissolução de alguma fase mineral por fluidos percolantes seguido de uma recristalização.

Na etapa de refinamento petrográfico por imagens de CL foi possível observar diferentes padrões de luminescência emitidos a partir das amostras caracterizadas como calcita e dolomita. As análises prévias de difração de raios-x forneceram resultados semiquantitativos dos teores de calcita e dolomita presentes nas amostras. Nesse aspecto, as amostras caracterizadas como dolomita (Fig. 5 A-Furo (dolomita, 94% e quartzo, 6%), Fig. 5 B-Furo (dolomita, 69% e quartzo, 31%), Fig. 5 C-Furo (calcita, 47%, dolomita, 44% e quartzo, 9%),

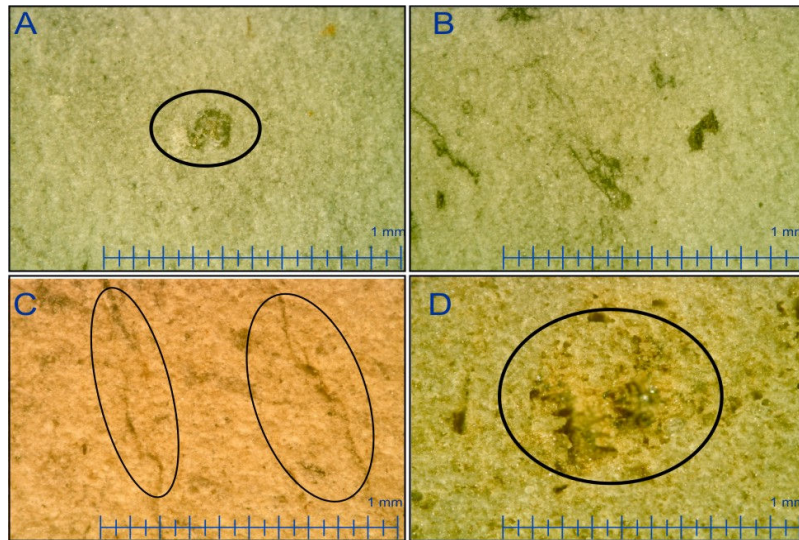


Figura 4. Imagens em luz refletida destacando tubo preenchido por sulfeto (A); Textura sacaroidal com traços de sulfetos (B); planos irregulares de fraturas ou estilólitos (C), e cavidade-processo de dissolução (D).

Fig. 5 D-Pedreira 2 (calcita, 53%, dolomita, 42% e quartzo, 5%), Fig. 5 E-Pedreira 2 (calcita, 54%, dolomita, 35% e quartzo, 11%) e Fig. 5 F-Pedreira 2 (calcita, 54%, dolomita, 36% e quartzo, 11%), apresentam um padrão de luminescência caracterizado por uma cor roxo (Fig. 5 A) com variações de vermelho claro a escuro (Fig. 5 B, C, D, E e F). Este padrão é identificado principalmente nas amostras da Pedreira 2 (calcário magnesiano) e nos furos de sondagem. As amostras que apresentam um padrão de luminescência variando entre as cores amarelo e laranja foram caracterizadas como calcita, e são: Fig. 5 G-Pedreira 1 (calcita, 98% e quartzo, 2%), Fig. 5 H-Pedreira 2 (calcita, 96% e quartzo, 4%) e Fig. 5 I-Pedreira 2 (calcita, 95% e quartzo, 5%); essas se distribuem principalmente na Pedreira 1, embora ocorram de forma subordinada na Pedreira 2 e no furo. Foram também observadas zonas com luminescência caracterizada por uma cor violeta (centro da Fig. 6 A-Pedreira 2 e lado direito inferior da Fig. 6 B-Pedreira 2), a qual, segundo vários autores (Sippel & Glover, 1965; Richter & Zinkernagel, 1981; Amieux, 1982; Mason, 1987; Machel *et al.*, 1991 *in* Habermann *et al.*, 1998), poderia ser relacionada à calcita pura ou com baixas concentrações de ativadores. Contudo, é importante mencionar que não foi possível estabelecer uma diferença entre calcita pura ou com baixas concentrações de ativadores e dolomita sem ativadores.

A partir das imagens de CL em zonas específicas de determinadas amostras (Fig. 6 A e B) observou-se algumas semelhanças com uma conhecida combinação de cimentos descrita por Adams & Mackenzie (1998); nessas zonas foi observada uma combinação de cores, a qual é caracterizada por uma porção escura, que poderia sugerir uma ausência de ativadores, seguida de uma porção de brilho moderado, ou seja, com algum ativador e, por último uma zona brilhante, contendo ativadores. Considerando que nessas amostras o principal ativador seja o  $Mn^{+2}$  e o principal dissipador seja o  $Fe^{+2}$ , a zona escura representa uma precipitação a partir de águas oxidantes mais ou menos livre de  $Mn^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  em solução; em alguns casos, pode ser confundida com a CL de calcita pura. Como o oxigênio vai sendo consumido, as condições se tornam rapidamente subóxicas, e é quando o  $Mn^{2+}$  pode existir em solução e ser incorporado no crescimento do cristal de calcita, mas o  $Fe^{2+}$  permanece em solução. Quando as condições se tornam anóxicas tanto o  $Mn^{2+}$  como  $Fe^{2+}$  estão presentes nos fluidos e são incorporados no cimento. Essa rápida alteração na luminescência de escura para moderada resulta da precipitação de uma água com flutuações químicas.

Através das análises químicas não foi possível quantificar as concentrações do Mn, conduzindo a interpretação de que o mesmo está presente em concentrações abaixo de 1 ppm, limite de detecção do método de colorimetria, aplicado no estudo. Mas com base na CL, supõe-se que nas seções examinadas o  $Mn^{2+}$  está presente em concentrações que podem estar acima de 10 ppm, considerando este valor como limite inferior de ativação do Mn em calcita Haberman *et al.* (1997) ou que outros elementos estão agindo como ativadores. Contudo, segundo Adams & Mackenzie (1998) é importante mencionar que a CL não indica concentrações absolutas de elementos traços, mas pode fornecer indícios da distribuição desses elementos, assim como ajudar na caracterização de diversas gerações de cimentos e minerais diagenéticos para orientar outras possíveis análises.

Em termos de porosidade, as amostras de furo e da Pedreira 2 (Fig. 4 D) se apresentam mais porosas quando comparadas com as amostras da Pedreira 1, menos dolomitizadas. Matsuda (2002) destacou que os processos de dolomitização que ocorrem durante a diagênese podem contribuir com um incremento em 12% da porosidade original.

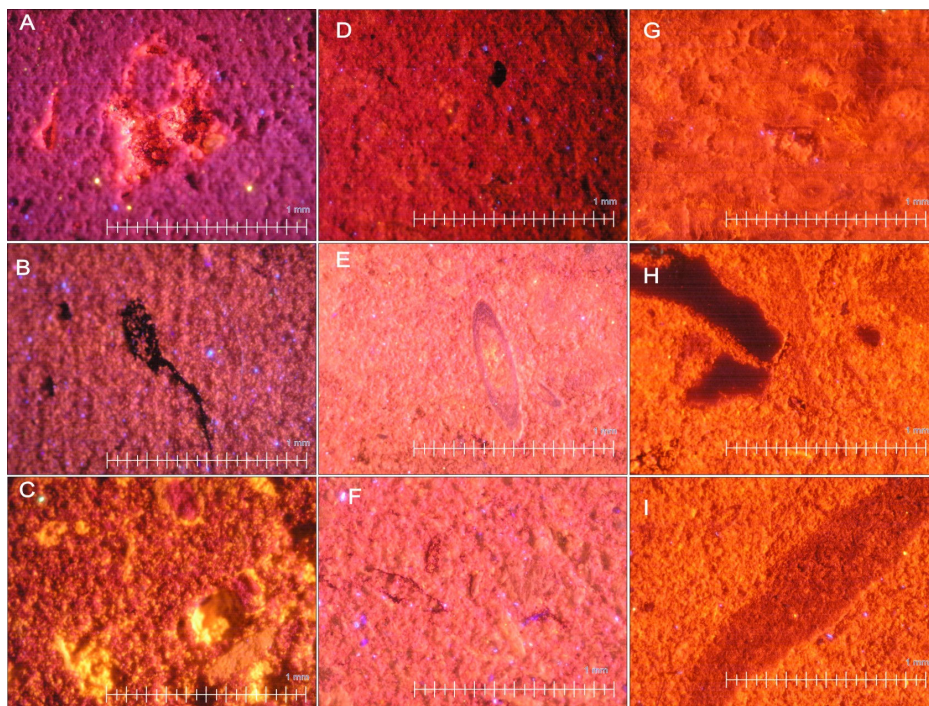


Figura 5. Imagens em CL destacando os diversos padrões de luminescência a partir amostras de dolomitas (A, B, C, D, E e F) e calcitas (G, H e I).

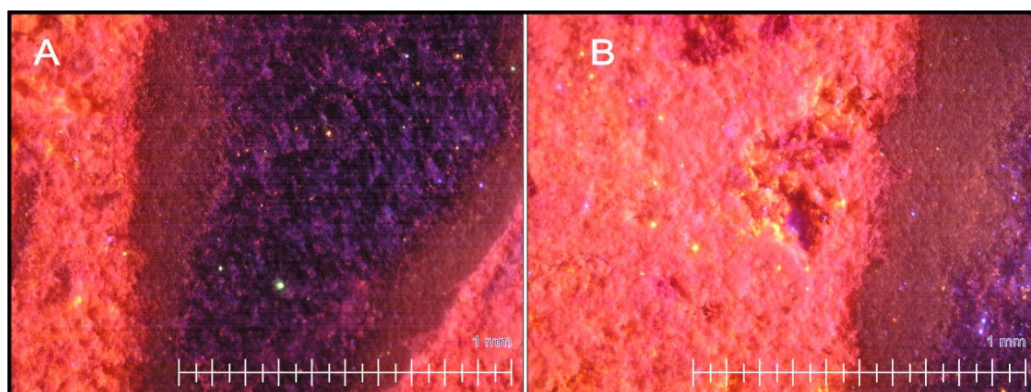


Figura 6. Imagens em CL destacando zoneamento caracterizado pela combinação de cores violeta, marrom e vermelho semelhante à combinação escuro/moderado/brilhante.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- O refinamento petrográfico à luz refletida permitiu a identificação de minerais de sulfetos e estruturas sedimentares semelhantes a estilólitos.
- O refinamento petrográfico em CL permitiu identificar diferentes padrões de luminescência emitidos a partir das amostras caracterizadas como calcita e dolomita. Amostras identificadas como dolomita apresentam um padrão de luminescência de cor vermelho escuro a roxo. Este padrão é identificado principalmente nas amostras da Pedreira 2 (calcário magnesiano) e nos furos de sondagem.
  - As amostras caracterizadas como calcita apresentam um padrão de luminescência variando entre as cores amarelo e laranja, que se distribuem principalmente na Pedreira 1, embora existam variações.
  - O estudo não pôde distinguir entre dolomita sem ativadores e calcita pura ou com baixas concentrações de ativadores.
  - As amostras de furo e da Pedreira 2 se apresentam mais porosas quando comparadas com amostras de Pedreira 1; em virtude do grande número de cavidades, essa porosidade pode estar relacionada a processos secundários, por exemplo, dissolução de minerais.
  - O estudo das imagens de CL pôde fornecer alguma informação a respeito das flutuações químicas dos fluidos de precipitação.

- Os resultados obtidos a partir de imagens de CL podem ser confrontados com outros resultados analíticos, com o objetivo de avaliar a potencialidade dos diversos métodos.
- A CL pode contribuir com estudos petrográficos e análises químicas dos calcários considerados rochas reservatórios e selantes na Bacia do Amazonas.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Agência Nacional do Petróleo pela concessão da bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor através do Programa RH-06 e a Srta. Vânia Botelho pelo auxílio na preparação das figuras.

## 7. REFERÊNCIAS

- ADAMS, A. E. & MACKENZIE, W. S. Cathodoluminescence. In: **A colour Atlas of carbonate sediments and rocks under the microscope**. 1<sup>a</sup>. ed. London: Manson Publishing, 1998. p. 168-176.
- CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil**. February. 1984. 583p. Tese de Doutorado. Orientador: Crowell, J. C. University of California, Santa Barbara, 1984.
- CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**. Rio de Janeiro: CENPES, v. 8, n. 1, p. 47-55, janeiro/março 1994.
- EIRAS, J. F., SILVA, O. B., MATSUDA, N. S., HOOK, S. C. Tapajós river - Amazon basin field trip. In: RIO'98 AAPG INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION, 1998, Rio de Janeiro. Virtual field trip to the Amazon Basin. Rio de Janeiro: AAPG-ABGP, 1998. **(CD-Rom)**.
- HABERMANN, D.; NEUSER, R. D.; RICSHTER, D. K. Low limit of Mn<sup>2+</sup> activated cathodoluminescence of calcite: state of the art. **Sedimentary Geology**. Bochum: Elsevier Science, v. 116, n. 1, p. 13-14, october 1998.
- MACHEL, H.G. Application of cathodoluminescence to Carbonate Diagenesis. In: PAGEL, M.; BARBIN, V.; BLANC, P.; OHNENSTETTER, D. **Cathodoluminescence in geosciences**. 1<sup>a</sup>. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 270-297
- MARSHALL, D. J. Cathodoluminescence properties of the carbonate minerals and some geological applications. In: **Cathodoluminescence of geological materials**. 1<sup>a</sup>. ed. Boston: Unwin Hyman, 1988. p. 76-93.
- MATSUDA, N. S. **Carbonate sedimentation cycle and origin of dolomite on the Lower Pennsylvanian intracratonic Amazon Basin, Northern Brazil**. December. 2002. 231p. Tese de Doutorado. Orientador: Matsumoto, R. Department of Earth & Planetary Science, University of Tokyo, Tokyo, 2002.
- MATSUDA, N. S.; DINO, R.; FILHO, W. R. J. Revisão litoestratigráfica do Grupo Tapajós, Carbonífero Médio – Permiano da Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**. Rio de Janeiro. CENPES, v. 12, n. 2, p. 435-431, maio/novembro 2004
- OLIVEIRA, D. L. **Estudo preliminar de estratigrafia química da Formação Itaituba (PA): datação, paleoambiente e proveniência**. Março. 2004. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia. Orientador: Macambira, M. B. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.
- PAGEL, M.; BARBIN, V.; BLANC, P.; OHNENSTETTER, D. Cathodoluminescence in geosciences: An introduction. In: **Cathodoluminescence in geosciences**. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 2-15
- WALKER, G.; ABUMERE, O. E.; KAMALUDDIN, B. Luminescence spectroscopy of Mn<sup>2+</sup> centres in rock-forming carbonates. **Mineralogical Magazine**. London: Mineralogical Society, v. 53, n. 2, p. 201-211, april 1989.

## CATHODOLUMINESCENCE AS PETROGRAPHY REFINEMENT TOOL AND CHEMISTRY ANALYZE OF ITAITUBA FORMATION (PA), AMAZON BASIN

The Itaituba formation is included in Tapajos Group which represents the last transgressive-regressive Paleozoic cycle of the Amazon Basin. The Itaituba Formation is composed of heterogeneous rock types such limestone with high content of marine bioclasts, dolomites, shales, siltstones, sandstones and, evaporites. This formation has been researches aim, by Petrobras mainly, because the carbonate sequence of Itaituba Formation is mostly considered as seal rock to volates in sandstone of the Monte Alegre Formation and to exhibit oil inclusion.

Such applications of CL have great potential for applied research establishing porosity evolution in hydrocarbon reservoirs and diagenetic process, because the percentage of one mineral cement may be the main factor controlling the porosity in a sedimentary formation.

The use of Cathodoluminescence in carbonate studies is in cement stratigraphy using zoned cements and can provide the distribution of trace element in certain minerals, the existence of different mineral species with low

elements trace amounts, healed microfractured or the recrystallized area of crystals, provide information about changes in redox-potential in solution affect concentrations of elements which have different valence states, including Fe, Mn, and Eu and others.

This paper show the colors patterns different emitted from CL image in calcite and dolomite sample, supported in X-ray diffraction, compare the results of chemistry analyze by acid dissolution with the results CL, raise question about the condition oxidising of fluctuating chemistry of pore-waters. The observation of variation luminescence from dolomite samples, supported to analyze chemistry quantative by X-ray diffraction, have been identified that variations patterns could be directly related with the concentration variation this mineral each sample. The luminescence showed for dolomitized samples tend to be red, although there are many variations. While the calcite samples tend to show a luminescence yellow and orange, however like dolomite there is variations. The luminescence zone characterized by faint blue to violet could related to pure calcite or minor amount of the activators. The manganese concentration found in chemistry analyze is below 1 ppm. However throughout CL is possible to suggest that  $Mn^{2+}$  is present in concentration still unknown, likely above 10 ppm if take this value as lower limit of  $Mn^{2+}$  in calcite or that others elements are bearing as activators. The CL of determined samples show any similarity with a well-know cement combination Dark/bright/dull. If take the  $Mn^{2+}$  such main activator and  $Fe^{2+}$  like quencher, the dark zone represents precipitation from oxidising waters more or less free of  $Mn^{2+}$  and  $Fe^{2+}$ . As oxygen is used up, the conditions become briefly suboxic, when  $Mn^{2+}$  can exist in solution and is incorporated in the growing calcite crystal, but  $Fe^{2+}$  cannot. When condition become anoxic, both  $Mn^{2+}$  and  $Fe^{2+}$  are present in pore-fluids and incorporated in the cement. The rapidly alternating dark and moderately luminescing zones may result from pore-waters with fluctuating chemistry, but may also be caused by disequilibrium precipitation where the trace element concentration is not that theoretically expected from a fluid of a particular composition.

*Cathodoluminescence, Carbonates, Itaituba Formation, Amazon Basin*

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.