

Introdução

Os sedimentos, pelo seu poder de acumular e estocar substâncias de origem natural ou antrópica representam o ambiente apropriado para a avaliação espaço-temporal da contaminação e da transformação de contaminantes. Os sedimentos estão em contato permanentemente com a água, e são importantes à compreensão dos mecanismos e dos ciclos biogeoquímicos (Esteves, 1988).

O sedimento é formado, preferencialmente, por materiais resultante da lixiviação de solo e rocha, que são transportados para os rios, igarapés, lagos e mares, sendo acumulados, geralmente, em seus leitos. Outros processos importantes na formação de sedimento, que são responsáveis pela liberação e/ou adição de moléculas e íons no ambiente, dependem da composição química e biológica do corpo d'água. Pelo fato de ser formado tipicamente por uma mistura de substâncias depositadas continuamente, o sedimento é considerado um sistema dinâmico e complexo (Baird, 1995), e tem sido grandemente utilizado em estudos de identificação, caracterização e de degradação de marcadores moleculares no ambiente (Prince et al., 1994; Soclo, et al., 2000; Tam, et al., 2001; Meniconi, et al., 2002; Yunker e Macdonald, 2003; Greenwood e Summons, 2003).

A biodisponibilidade dos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos difere, grandemente, em função da sua fonte e das propriedades do meio ambiente. Os hidrocarbonetos podem ser derivados de fontes pirogênicas, petrogênicas e biogênicas e, cada fonte impõe uma característica própria na sua distribuição. Quando estes são introduzidos no ambiente, os processos de transformação, alteram sua identidade original em função da degradação biogênica, química ou fotoquímica (Soclo et al. 2000).

Os hidrocarbocarbonetos são usados como traçadores na avaliação da evolução de transformações da matéria orgânica no ambiente. A identificação e a quantificação individual de hidrocarbonetos saturados e aromáticos são, também, bastante usadas para determinações de fontes de contaminação por combustão e grau de degradação de óleo e derivados no ambiente aquático. Através da identificação de compostos individuais, pode ser feito o diagnóstico de origem dos compostos. Pela quantificação, além de se estabelecer níveis para controle da qualidade ambiental, podem ser usadas várias relações e calculados índices de

diagnóstico para identificação das diferentes fontes de hidrocarbonetos (Eganhouse, et al., 1988, Wang et al, 1999, Aboul-Kassim and Simoneit, 2001, Barakat et al, 2002, Yunker et al. 2002, Yan et al. 2006, Nudi et al. 2006).

A presença predominante de hidrocarbonetos apenas de origem natural (continental) pode ser indicada pela série de n-alcanos de maior peso molecular com predominância de número de carbono ímpar, derivado de material originado de plantas vasculares terrestres. Podem ser identificados, ainda, outros marcadores moleculares formados durante a evolução de diagênese recente, ou seja, produzido durante transformação da matéria orgânica pela ação microbiana.

A contaminação petrogênica, em sedimento e água, é indicada pela falta de predominância de n-alcanos com número de carbono par ou ímpar. Também é observada a presença de grupo de lipídeos (olefinas e parafinas) em processo de degradação, aparecendo como uma elevação da linha de base no cromatograma, e que é denominado de mistura complexa não resolvida (MCNR). A presença de contaminação de óleo no ambiente pode ser, ainda confirmada pela identificação de marcadores moleculares já maturados (Peters & Moldowan, 1993; Volkman *et al.* 1997).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) de maior predominância no petróleo e seus derivados são os de menor peso molecular, assim como as séries homólogas completas de isômeros alquilados. Sua significância ambiental depende da origem do óleo cru ou do óleo transformado, em função da diferença em biodisponibilidade (Boehm et al, 2001, Yunker & Macdonald, 2003).

Os HPA pirogênicos são produzidos pela combustão de biomassa (queima de madeira, carvão, pasto) e de combustível fóssil (queima de petróleo ou de seus derivados). Geralmente estão associados a partículas ricas em fuligem carbonizada. A matriz de carbono resultante deste tipo de combustão é rica em HPA de maior massa molecular (178-276), muitos dos quais resistem à degradação e são emitidos na atmosfera e transportados para a coluna d'água e sedimento, e são considerados altamente tóxicos à biota (EPA, 1993; Silliman et al. 2001, Yunker et al. 2002a, Lima, 2004,).

Os biomarcadores moleculares como os, terpanos, hopanos e esteranos, são usados na geoquímica orgânica do petróleo como ferramenta para diferenciação entre óleos e óleo e fonte geradora. Sua distribuição é característica e depende do paleoambiente de deposição e maturação, diferenciando da origem em diagênese recente. Cada tipo de óleo possui uma assinatura única, apresentando diferentes marcadores moleculares. Estes, por serem resistentes à degradação, são apropriados à avaliação de origem, das condições de formação do óleo e de sua

degradação no ambiente (Wolf et al, 1987; Eganhouse et al, 1988; De Lemos Scofield, 1990, Peters e Moldowan, 1993, Hauser et al., 1999; Wang et al., 1999; Dzou, et al., 1999; Yunker, et al., 2002b; Yunker e Macdonald, 2003; Zhang, et al, 2003, Peters, Walter and Moldowan, 2004).

Além do uso na identificação de contaminação petrogênica, os marcadores moleculares são também úteis na identificação de aporte pirogênico, neste caso, também chamados de marcadores ambientais. Segundo Simoneit (2002), as emissões destes compostos por combustão de biomassa, registrados em material particulado de fumaça, são semelhantes às emissões de “background” natural. Podem ser encontrado os diterpenoides como resinas ácidas, e triterpenoides α -amirina, β -amirina e lupeol, provenientes de angiosperma.

Yunker e Macdonald (2003) relatam um exemplo de avaliação em amostras de sedimento de rio, de tri e tetraciclo terpeno, hopano e biomarcadores esteranos para distinguir a fonte de petróleo em sedimento do rio Fraser no Canadá. O trabalho de química forênseca na área de investigação de hidrocarbonetos de petróleo é distinto para cada lugar, correspondendo às condições climáticas e biogeoquímicas locais.

Os níveis de contaminantes orgânicos nos grandes centros do Brasil são significativamente altos, do ponto de vista ambiental e da saúde humana (Freitas, 2001). Sugere-se que, a presença de HPA em ambiente de diferentes climas e zonas ecológicas do Brasil, e inclusive na Amazônia, decorra, principalmente da queima de vegetação e de processos biológicos (Simoneit, 1990; Abas et al, 1995; Wilcke, et al 2003; Medeiros e Bicego, 2004a). Há, em adição, a contaminação crônica de petróleo apresentada em lugares específicos como a Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, e a Baía de Todos os Santos, em Salvador (Hamacher, 1999, Lima, 2001, Nudi, 2005, Farias, 2006, Consórcio BTS HYDROS CH2M HILL, 2004).

É importante lembrar do intenso uso, no passado, de contaminantes orgânicos como os compostos organoclorados utilizados como defensores de pragas na agricultura e no combate a vetores da malária. Os organoclorados são resistentes a degradação e podem ser transportados via atmosfera para áreas remotas (www.chem.unep.ch/pops/default.html).

A Amazônia, região de interesse desse estudo, apresenta muitas características relevantes que justificam investigações mais detalhadas sobre a composição de substâncias orgânicas presentes em sedimentos de sistemas aquáticos, quando de origem natural ou antrópica. É a maior floresta tropical que abriga grande biodiversidade e reserva de água doce superficial e subterrânea. No

entanto, vem sofrendo com a redução da sua área verde em decorrência de queimadas e desmatamentos. No Amazonas, o rio Solimões tem um papel importante quanto à navegação, sendo a única via de acesso a vários municípios localizados em suas margens.

A Amazônia Central apresenta atividade de transporte de petróleo e gás do terminal da petrobras no rio Solimões (TESOL) localizado na cidade de Coari até a capital Manaus, onde fica a refinaria de petróleo e ocorre a distribuição de suas frações no mercado. O clima tropical úmido impõe uma biogeoquímica particular à região e, apesar do grande interesse científico na Amazônia, pouco se conhece sobre o reflexo, nos corpos d'água, das atividades de transporte fluvial e das grandes queimadas ocorridas na floresta Amazônica. Há, ainda carência de informações mais detalhadas sobre a presença de substâncias de origem natural que permitam uma melhor discriminação de fontes de hidrocarbonetos.

Este trabalho, que tem como área de estudo o rio Solimões e lagos associados no trecho Coari-Manaus, uma região da Amazônia Central, foi concebido para investigação de marcadores moleculares e de suas fontes. Os objetivos de trabalho ficam, então relatados, como a seguir:

- I) **Investigações de possíveis contribuições de fontes de combustão na composição de hidrocarbonetos presentes nos sedimentos superficiais de rios e lagos associados no trecho Coari-Manaus.**
Esta área de estudo faz parte de umas das regiões na Amazônia mais preservadas em relação à ocorrência de queimadas. No entanto, é provável que comporte, através do transporte atmosférico, registros das grandes emissões de combustão de biomassa ocorridas ao leste e ao sul. É uma área de intenso fluxo de embarcações, que também pode gerar registros de marcadores moleculares nos sedimentos. Portanto, o trecho Coari-Manaus constitui uma área estratégica na Amazônia Central, sendo de extrema importância estabelecer dados basais de hidrocarbonetos com devidas associações a metais traços, e se compreender a origem e transformações de compostos biogênicos em amostras de sedimentos recentes.
- II) **Estudo geocronológico da evolução de hidrocarbonetos em testemunhos de lagos na região de várzea da Amazônia Central.**
Esse objetivo visou a investigação de origem e transformações de hidrocarbonetos alifáticos e HPA em sedimentos de lagos no trecho Coari-Manaus. O estudo geocronológico em perfil de sedimento, através

da taxa de sedimentação, permite a investigação da evolução da composição do sedimento ao longo do tempo, e ainda, identifica as transformações ocorridas.

- III) **Caracterização de marcadores geoquímicos em sedimentos de rios e lagos no trecho Coari-Manaus.** Visou-se a identificação de marcadores moleculares (hopanos, triterpenos, sesquiterpenos e ésteres) para indicação de origem da matéria orgânica nos sedimentos superficial e perfil e busca de compostos derivados da transformações da matéria orgânica.
- IV) **Avaliação preliminar da presença de compostos organoclorados em sedimentos de lagos de várzea associados no trecho Coari-Manaus.** Visou-se a identificação desses e a obtenção de dados basais para futuro controle e diagnóstico de contaminação nos sedimentos. Alguns organoclorados, são classificados como poluentes orgânicos persistentes (POP) e considerados marcadores antropogênicos por serem introduzidos intencionalmente no ambiente. Apresentam a propriedade de acumulação por serem lipofílicos e apresentarem alta estabilidade. São considerados altamente carcinogênicos e mutagênicos. Na Amazônia, existe o controle de vetores da malária, e o uso de pesticida organoclorado foi bastante intenso nesta região.

Os resultados obtidos neste trabalho estão organizados em cinco capítulos, os quais compõem os objetivos descritos acima:

- Capítulo 1: Revisão bibliográfica sobre a Amazônia;
- Capítulo 2: Possíveis contribuições de fontes de combustão na composição do sedimento superficial de rios e lagos no trecho Coari-Manaus.
- Capítulo 3: Estudo geocronológico da evolução de hidrocarbonetos em perfil de sedimentos de lagos na região de várzea da Amazônia Central.
- Capítulo 4: Investigação da presença de marcadores geoquímicos em sedimentos de rios e lagos no trecho Coari-Manaus.
- Capítulo 5: Investigação preliminar da presença de compostos organoclorados em sedimentos de lagos de várzea associados no trecho Coari-Manaus;
- Capítulo 6: Considerações finais.

Capítulo 1: Revisão bibliográfica sobre a Amazônia

É indiscutível a necessidade das constantes aplicações das ciências em busca do conhecimento, em toda a extensão da Região Amazônica.

A Bacia Amazônica, como sabido, é a maior bacia hidrográfica do mundo abrangendo uma superfície de aproximadamente 6 milhões de km². Seu principal rio nasce nas Cordilheiras dos Andes no Peru com o nome de rio Marañon, se estende pela Amazônia Central, no Brasil, com o nome de rio Solimões, e após a confluência com o Rio Negro, recebe o nome de Rio Amazonas se estendendo até o Estado do Pará. O rio Amazonas despeja um volume d'água de $6,6 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ no Oceano Atlântico, o que representa cerca de 15% da água doce no planeta, contribuindo com um fluxo de material em suspensão de $600 \cdot 10^6 \text{ t ano}^{-1}$ (Filizola et al. 1999; Filizola, 2002; Filizola, 2003). Existem registros de que os sedimentos são encontrados a mais de 200 quilômetros da costa (Filho, 2007).

A cobertura florestal de toda a Bacia Amazônica abrange uma área de $9,35 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (Tardy, 1993), e o Brasil contém 63% da superfície total da Bacia Amazônica. Aproximadamente $400 \cdot 10^3 \text{ km}^2$ correspondem à Amazônia Central (Forsberg et al. 2000), que é uma das regiões mais preservadas, apresentando ecossistemas complexos de lagos e florestas alagadas, chamadas de várzea, influenciadas pelas estações hidrológicas dos rios: enchente, cheia, vazante e seca (Junk, 1985; Richey et al, 1988; Viers et al., 2005)

O nível das águas dos rios apresenta uma variação sazonal de aproximadamente 10 m (Filizola et al. 2002). Há um aumento de novembro a junho e um decréscimo de julho a outubro (Lima et al, 2003). Durante o aumento do nível das águas ocorre a inundação das planícies vizinhas. Conforme o período de seca é atingido, o sedimento superficial vai sendo depositado nas margens dos rios e lagos. Este é um período em que atividades agrícolas são realizadas aproveitando a fertilidade natural que o ecossistema de várzea proporciona.

A região de várzea representa um dos ecossistemas de maior produtividade de nutrientes para um ambiente aquático. Fitoplânctos, macrofitas aquáticas e terrestres e a cobertura vegetal de floresta inundada contribuem com bioprodutividade anual de 110 t.m.s (massa seca)/ha (Junk, 1985; Piedade et al 1997; Wittmann, et al. 2004; Dagg et al. 2004).

A vegetação de várzea é bastante rica e apresenta abundância e variação de árvores em espécies como, por exemplo, a ucuúba-vermelha (*Virola calophylla* – *Mysitaceae*), a jacareúba (*Calophyllum brasiliense* – *Clusiaceae*), o lauro inhamuí (*Ocotea cymbarum* – *Lauraceae*), a Sumaúma (*Ocotea Cymbarum* – *Bombacaceae*), a copaíba (*Copaífera multijuga* – *Cesalpiniaceae*), a andiroba (*Carapa Guianensis* – *Meliaceae*), a castanheira (*Bertholletia excelsia* – *Lecythidaceae*), o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* – *Sterculiaceae*), o marupá (*Simaruba amara* – *Simaroubaceae*) e a seringueira (*Hevea brasiliensis* – *Euphorbiaceae*). Muitas árvores, usadas no manejo florestal, são usadas na produção de óleos essenciais aromáticos, cosméticos e no tratamento medicinal, além do uso madeireiro. Representam uma grande participação na composição orgânica do rio Solimões e lagos associados (Hediges et al. 1986; Worbes et al., 1992; Wittmann et al., 2004; Araújo, 2006; Zoghbi et al. CBO_014).

Diversos trabalhos de pesquisa são realizados no rio Solimões e lagos da Amazônia Central, os quais visam a investigação da diversidade da composição taxonômica das comunidades de diatomáceas, fitoplânctos e espécies de plantas aquáticas. Cerca de 65 espécies de diatomácea (Figura 1.1), 334 taxons de fitoplânctons e 45 espécies de macrófitas aquáticas já foram identificados. Os lagos abrangem cerca de 65% desta biodiversidade, que além da grande contribuição para a produção de nutrientes, apresenta estreita associação com a ictiofauna na região, atuando como habitat e alimento (Mera et al. 2005; Mera et al. 2005; Aprile et al. 2005; Aprile et al. 2005; Prado e Freitas et al. 2005; Soares et al. 2005).

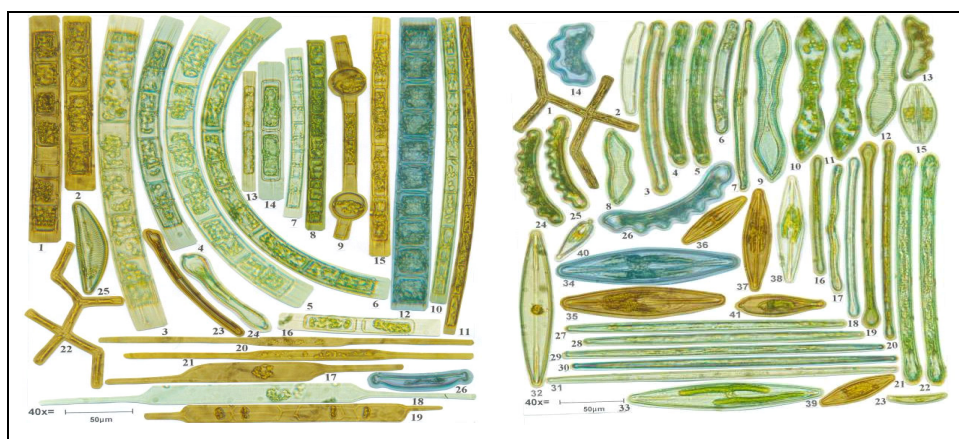


Figura 1.1: Demonstração de espécies de diatomáceas com destaque para a dominância de *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *A. granulata* var. *angustissima*, *Eunotia flexuosa*, *Peridinium inconspicuum*, *Urosolenia eriensis* e *U. Longiseta* (Fonte: Mera et al, 2005).

Estes organismos atuam, também como indicadores de alteração da química da água, por exemplo, uma mudança do pH ou na condutividade elétrica pode

ocorrer a proliferação de algumas espécies. As macrófitas participam de interações com elementos traços na interface sedimento-água e água-plantas aquáticas. Segundo Viers (2005) os elementos encontrados em maiores concentrações na vegetação de várzea (Al, Mn, Fe, Cu e Rb) correspondem aos mesmos encontrados na coluna d'água, inclusive acompanhando a variação do nível das águas. Os autores discutiram a variação das concentrações desses metais em função do tempo e observaram que as plantas apresentaram maiores concentrações de Mn e Al no período em que o nível das águas está baixo (novembro – fevereiro). O Al e Mn fazem parte da composição de óxidos e hidróxidos no sedimento, formando fases carreadoras para outros metais.

Muitos estudos são realizados com metais traços, inclusive na Amazônia, como indicadores de poluição a partir dos seus níveis de concentração encontrados no ambiente (Silva, 1996, Barroncas, 1998, Oliveira, 2002).

Oliveira (2002) fez uma avaliação das fases geoquímicas de sedimento superficial em igarapés na cidade de Manaus. Dentre os metais analisados (Fe, Mn, Pb, Cr, Zn, Cu e Ni), foi observado que os metais Fe, Mn, Pb e Cr ficaram associados com maior predominância na fase residual, indicando como principal fonte a origem geoquímica natural da região. Metais como o Zn, Cu e Ni com até $1346 \mu\text{g g}^{-1}$, $139 \mu\text{g g}^{-1}$, $818 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente, estiveram associados principalmente às fases de maior biodisponibilidade (troçável, carbonácea, matéria orgânica e óxidos e hidróxidos de Fe e Mn).

Yamasoe et al. (2000) realizaram trabalho de avaliação da composição química inorgânica das emissões de combustão de biomassa na Amazônia. Os autores mostraram valores estimados de fluxo de emissões globais de grande porte para Zn, Cu e carbono negro, com valores aproximados de 3 Gg ano^{-1} , 1 Gg ano^{-1} e $2,2 \text{ Tg ano}^{-1}$, respectivamente. Outros autores também encontraram concentrações elevadas de carbono negro e metais em aerossóis na atmosfera e solos na Amazônia (Glaser et al., 2002; Maenhaut et al., 2002; Artaxo et al., 2005).

O desflorestamento na Amazônia, pela ocorrência desenfreada de queimada é um problema que vem ocorrendo nos últimos 30 anos (Figura 1.2). A combustão de biomassa causa mudanças (ainda localizadas) significativas nos ciclos biogeoquímicos. A atuação da floresta no processo da renovação do vapor d'água pela evapotranspiração, durante o ano todo, é importante para a ocorrência da precipitação das chuvas e para a sua manutenção. As emissões de CO_2 chegam a atingir, aproximadamente, 150 a 200 Mt C ano^{-1} originados, por exemplo, do uso da terra e camadas húmiferas. Estas emissões são muito mais elevadas, do que as emissões de 75 Mt de C ano^{-1} no Brasil, proveniente da queima de combustível

fóssil. No entanto a floresta Amazônica atua significativamente como absorvedora de excesso de dióxido de carbono (Nobre, 2002; Houghton et al., 2000; Araújo et al., 2002; Artaxo et al., 2005).

Segundo Andreae et al. 2004, o transporte atmosférico de fumaças ocorre com uma massa de ar vinda do Oceano Atlântico, que atravessa uma transecto do nordeste permanecendo ao norte, com direção ao Oceano Pacífico. Isto indica que a Amazônia Central deve receber alguma influência de emissões de combustão de biomassa originadas no Pará. No entanto, os autores discutem que é a região sudeste que recebe influências substanciais das emissões de queimadas, pela ocorrência de trocas de ventos que seguem em direção ao sul do Brasil.

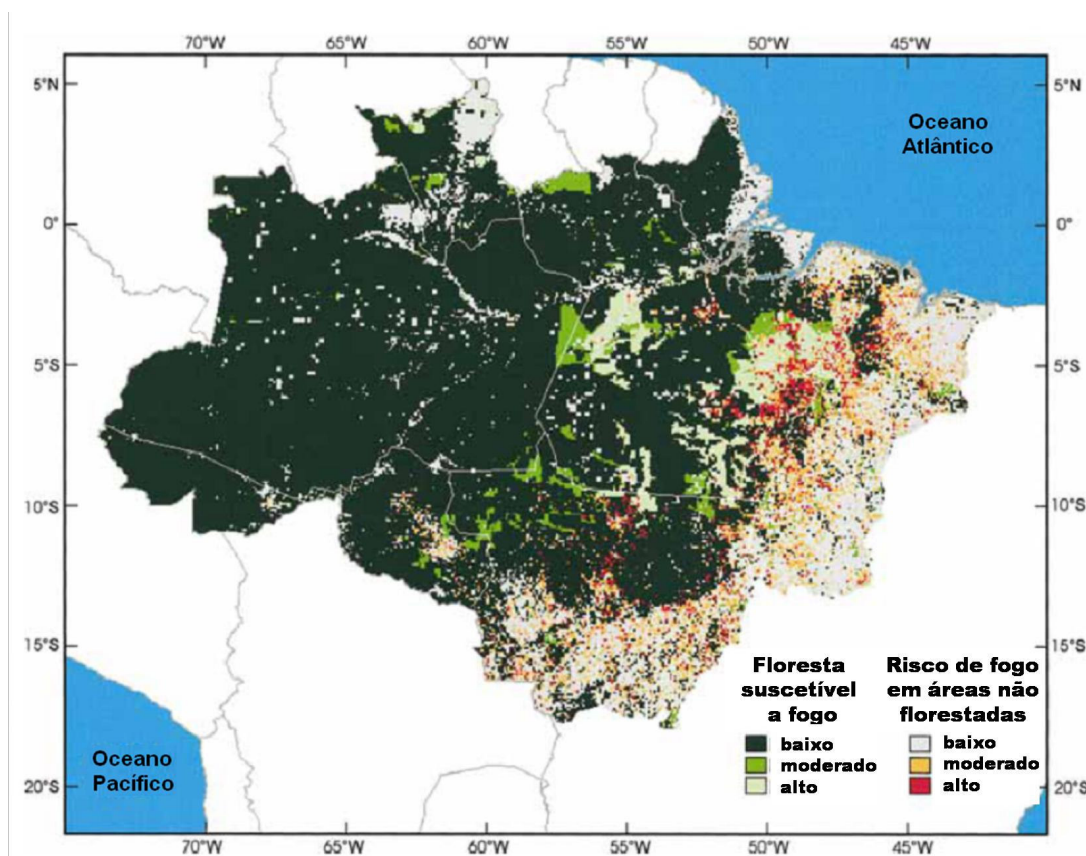


Figura 1.2: Mapa-RisQue98, registro de fogo em 1998 em áreas florestada e em áreas não florestadas suscetíveis a ocorrência de queimadas(Fonte: Nepstad et al. 1998).

Dado o complexo de biomassa produzido na Amazônia, alguns trabalhos foram realizados para o conhecimento da composição e origem de compostos orgânicos presentes nesse ambiente. Os marcadores moleculares hidrocarbonetos saturados e aromáticos, por exemplo, podem ocorrer no ambiente naturalmente pela origem biogênica ou de esudação de petróleo, ou podem ser de origem

antropogênica, originados de processos de combustão incompleta de matéria orgânica ou acidentes com derrame de óleo.

Trabalhos que avaliam a composição orgânica do material particulado na atmosfera amazônica registram em maior concentração, marcadores característicos de plantas vasculares, emanados durante a combustão de biomassa na floresta. Estes são os n-alcanos ímpares de n-C₁₉ a n-C₃₅, com predominância do n-C₂₉. Quando calculado o índice preferencial de carbono (IPC), em geral, o valor encontrado ficou aproximadamente 3,5. Este índice é a razão entre as concentrações dos n-alcanos com número de carbono ímpar e aquelas dos n-alcanos com número de carbono par (Simoneit, 1990; Abas, 1995). O valor de IPC encontrado pelos autores se aproxima dos valores do índice, 4-7, que indicam a origem biogênica a partir de resíduos das plantas vasculares (Clark & Blumer, 1967).

Elias et al., 1999 realizaram caracterização de várias classes de compostos de peso molecular alto em amostras obtidas de fumaças de combustão de plantas da Amazônia, como por exemplo, a andiroba (*Carapa Guianensis* – *Meliaceae*), a castanheira (*Bertholletia excelsa* – *Lecythidaceae*), o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* – *Sterculiaceae*), o marupá (*Simaruba amara* – *Simaroubaceae*) e a seringueira (*Hevea brasiliensis* – *Euphorbiaceae*). As séries de compostos identificados na fuligem da queima destas plantas foram os hidrocarbonetos alifáticos, com predominância de número de carbono ímpar e o C_{max} foi igual ao C₃₁, triglicerídeos, metil cetonas de cadeia longa, álcoois de cadeia longa, ésteres de ácidos e álcoois de cadeia longa e ésteres triterpenos de α -amirina e β -amirina. Os autores indicaram estes compostos como aporte de produtos naturais emitidos diretamente do material vegetal durante a combustão. Outros autores também estudaram a composição de ésteres em plantas da Amazônia, onde encontraram série homóloga de C₁₄ a C₃₄, para os ésteres de álcoois e ácidos de cadeia longa, além dos α -tocoferol, β -tocoferol e fitol esterificados a partir de ácidos graxos (Pereira et al., 2002; Siqueira et al., 2003).

Vasconcellos et al. 1998, em amostras coletadas diretamente da queima de biomassa ocorrida em Alta Floresta, ao norte do Mato Grosso, encontraram a predominância de n-alcanos n-C₂₃ a n-C₃₃ em concentrações variando de 379 a 20003 ng m⁻³. Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), também analisados, foram encontrados em 2 a 20 ng g⁻¹, com predominância de Criseno, B(bjk)Fluoranteno e B(a)Pireno.

Estudos de hidrocarbonetos em água e sedimento na foz do rio Amazonas mostraram predominância de n-alcanos de origem de plantas terrestres, representando a carga continental de biomassa sendo lançada ao Oceano

Atlântico. Além destes marcadores, foram identificados outros compostos como os esteróis com predominância do esteroide n-C₂₉, 24-etilcolesterol, e seu homólogo 24-etilcolestanol geralmente prevalecendo (Fernandez et al., 1999, Elias et al., 2000).

Trabalhos realizados em diferentes zonas do Brasil, inclusive na Amazônia, revelaram o naftaleno e o perileno como os HPA de maior destaque nesta região. Estes foram associados à produção biológica, pois foram encontrados principalmente em ninhos de cupins, depois em plantas e solos. Foram encontradas concentrações em torno de 3785 ng g⁻¹ para naftaleno e 1109 ng g⁻¹ de perileno nos ninhos de cupins (Wilcke et al., 2003; Krauss et al., 2005).

Buldizinsk et al. (1997) realizaram um trabalho em busca da origem e evolução diagenética de HPA em sedimentos mais ao norte no rio Amazonas. Encontraram outros compostos marcadores de origem de plantas terrestres derivados de precursores triterpenos α -amirina e lupeol. O somatório de HPA obtido variou de 200 a 900 ng g⁻¹ com uma contribuição de 70% de perileno para este valor total.

Elias et al. (1996) identificaram em amostras de água da foz do rio Amazonas outros marcadores moleculares de fontes biogênicas derivados de sesquiterpenos cardinanos, característicos de plantas vasculares e são usados como marcadores de origem natural em processos de diagêneses.

Não foram encontrados registros significativos em publicações científicas da composição de compostos orgânicos em sedimentos de rios e lagos na Amazônia Central, sobretudo em áreas sensíveis como a região de várzea. Fato que torna ainda mais interessante o desenvolvimento deste trabalho. Pois é de extrema importância, no caso de um ambiente complexo como a Amazônia, haver um registro histórico de hidrocarbonetos, principalmente quando se refere a uma área de atuação da indústria de petróleo.