INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL SOBRE AS ASSEMBLÉIAS DE PEIXES DE IGARAPÉS DA ZONA URBANA DE MANAUS, AMAZONAS.

HÉLIO DANIEL BELTRÃO DOS ANJOS

Dissertação apresentada ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

Manaus – Amazonas
2007

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL SOBRE AS ASSEMBLÉIAS DE PEIXES DE IGARAPÉS DA ZONA URBANA DE MANAUS, AMAZONAS.

HÉLIO DANIEL BELTRÃO DOS ANJOS

Orientador: JANSEN A. S. ZUANON, Dr.

Dissertação apresentado ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

Fontes financiadoras: *Projeto Ygarapés* (FAPEAM/PIPT, CNPq – Edital Universal 2005-2007, PDBFF, Fundação "O Boticário" de Proteção à Natureza)

Manaus – Amazonas
2007

ANJOS, Hélio Daniel Beltrão

Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembléias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus, Amazonas. – 2007.

101p.

Dissertação de Mestrado – INPA/UFAM, 2007

1. Amazônia Central 2. Ecologia de igarapés 3. Impactos antropogênicos 4. Ictiofauna.

CDD

SINOPSE:

Foram analisadas as assembléias ictíicas de igarapés em 15 fragmentos florestais urbanos, visando avaliar os efeitos da fragmentação florestal e características estruturais dos igarapés sobre a composição e diversidade da ictiofauna. Foram coletadas 41 espécies de peixes e um total de 3577 exemplares. A composição e diversidade das assembléias de peixes foram influenciadas principalmente pelos parâmetros vazão, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, amônia, nitrito, areia, liteira e troncos, bem como por impactos antropogênicos. Igarapés em bom estado de conservação apresentaram diversidade e riqueza de espécies mais altas do que igarapés poluídos por efluentes domésticos. A perda de espécies e as alterações nas assembléias ictíicas mostram a necessidade da conservação das áreas verdes da cidade de Manaus, atentando para o fato de que a destruição de qualquer fragmento pode resultar na extinção local de várias espécies de peixes, com perda de biodiversidade regional.

Palavras-chaves: Amazônia Central, impactos antropogênicos, ecologia de igarapés, ictiofauna.

Dedico

À minha filha Yasmin e minha esposa Chris pelo carinho e compreensão e, a meus pais Hélio e Aldira, pela confiança, dedicação e incentivo para que eu obtivesse a concretização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

- A Deus por ter me dado saúde durante essa etapa de minha vida.
- Ao Dr. Jansen Zuanon, pela orientação, amizade, compreensão, dedicação e críticas necessárias à minha formação.
- Ao CNPq, FAPEAM (PIPT), Fundação "O Boticário" de Proteção à Natureza e PDBFF pelo suporte financeiro.
- À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas –FAPEAM, pela concessão de uma bolsa de mestrado.
- A todos os professores do Curso de mestrado em Biologia de água Doce e Pesca Interior - BADPI, pelos ensinamentos, companheirismo e incentivo durante estes dois anos de formação acadêmica.
- Aos professores doutores que constituíram a banca avaliadora: Virginia S. Uieda (UNESP-Botucatu), Carlos E. C. Freitas (UFAM), Érica P. Caramaschi (UFRJ), Claudia P. de Deus (INPA) e César E. Melo (UNEMAT), pelos valiosos comentários.
- Ao Msc. Marcelo Gordo pela ajuda na escolha dos fragmentos florestais.
- Ao Dr. Carlos Edwar de C. Freitas pela amizade e auxílio na parte estatística.
- À Dra. Elizabeth Gusmão pela amizade e ajuda nas análises de amônia e nitrito.
- Aos conselhos e amizade da Dra. Gercilia Soares.
- À Msc. Sheyla Couceiro que cedeu as imagens de satélites da área de estudo.
- Aos meus amigos Raimundo Marcos, Fábio Lopes e aos assistentes, Raicharles e Eduardo, pela ajuda fundamental em campo.
- À todos os meus amigos do projeto Ygarapés, André Galuch, Fernando Mendonça e Lucélia Carvalho pela amizade e apoio.
- Aos amigos dos cursos de mestrado e doutorado pelos momentos de convívio, amizade e principalmente alegrias, com destaque especial para os da turma de 2005.
- Aos técnicos de laboratórios e funcionários do BADPI-INPA, que direta ou indiretamente contribuem para a formação daqueles que passam por esta Instituição.
- A minha família, pelo carinho e apoio durante todos os anos acadêmicos.
- A todos que de uma forma ou de outra tornaram possível a conclusão desse trabalho, e também aqueles que criticaram, pois me ajudaram a crescer.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....viii
Lista de Tabelas.....x
Resumo.....xii
Abstract.....xiii
1 – INTRODUÇÃO.....1
2 – OBJETIVOS 6
2.1 - Objetivo geral.....6
2.2 - Objetivos específicos.....6
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....7
3.1 - Área de estudo.....7
3.2 - Os fragmentos florestais e os igarapés urbanos de Manaus.....8
3.3 - Coleta, triagem e identificação dos peixes.....11
3.4 - Parâmetros ambientais 12
3.5 - Análises estatísticas.....14
4 – RESULTADOS.....20
4.1- Caracterização dos locais de coletas.....20
4.1.1- Estrutura dos igarapés 25
4.2- Assembléias ictiícas 30
4.2.1- Índices ictiofaunísticos.....37
4.2.2- Variação na composição da ictiofauna nos igarapés dos fragmentos urbanos.....43
4.3- Relações entre características ambientais e a composição da ictiofauna.....47
4.4- Efeitos do tamanho do fragmento, concentração de amônia e de nitrito na água sobre a composição das assembléias de peixes.....54
4.5- Relação entre a distancia e conectividade dos fragmentos e a similaridade na composição da ictiofauna dos igarapés.....59

5 – DISCUSSÃO.....62

5.1- Características estruturais e de qualidade da água em igarapés de fragmentos florestais urbanos de Manaus.....62

5.2- Composição e estrutura das assembléias de peixes em igarapés de fragmentos urbanos de Manaus.....67

5.3 - Relações entre as assembléias de peixes e as características ambientais dos igarapés em fragmentos florestais urbanos de Manaus.....71

5.4 - Efeitos da fragmentação florestal sobre a riqueza e composição das assembléias de peixes em igarapés.....78

6 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....82

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica da cidade de Manaus (03° S e 60°W).....7

Figura 2 – Figura 2 – Imagem da cidade de Manaus – AM (2005), com a localização dos quinze fragmentos florestais estudados (1= UFAM; 2= INFRAERO 1; 3= INFRAERO 2; 4= Acará 1; 5= nascente do Ipiranga; 6= Armando Mendes; 7= Acará 2; 8= Escola Agrotécnica; 9= SESI; 10= INFRAERO 3; 11= Samauma; 12= CIGS; 13= Coca-cola; 14= Tarumã e 15= Mindu); e as principais microbacias: Tarumã (A); Mindu (B); Quarenta (C) e Puraquequara (D) (Imagem LANDSAT- ETM7).....9

Figura 3- Equipamento utilizado para a coleta da ictiofauna (**a**) e esquema de coleta de peixes nos trechos dos igarapés (**b**).....11

Figura 4- Vista dos igarapés amostrados nos 9 fragmentos florestais conservados da zona urbana de Manaus. a) UFAM; b) INFRAERO 1; c) INFRAERO 2; d) Acará 1; e) Nascente Ipiranga; f) Armando Mendes; g) Acará 2; h) Escola Agrotécnica e i) SESI. 27

Figura 5. Vista dos igarapés amostrados nos 6 fragmentos florestais alterados da zona urbana de Manaus. a) INFRAERO 3; b) Samauma; c) CIGS; d) Coca-cola; e) Tarumã; f) Mindu.....28

Figura 6- Representação do número de espécies por Ordem, capturadas nos fragmentos com igarapés conservados e alterados.....32

Figura 7- Abundância relativa das espécies capturadas nos igarapés conservados (**a**) e alterados (**b**).....33

Figura 8- Ocorrência das espécies de peixes de acordo com o número de fragmentos em que foram encontradas.....38

Figura 9- Ordenamento por meio de Escalonamento multidimensional (MDS) dos dados referentes a abundância (A) e presença-ausência (B) de espécies de peixes capturados em igarapés dos fragmentos urbanos de Manaus.....44

Figura 10- Ordenamento por meio de Escalonamento multidimensional (MDS) dos dados referentes a densidade em número de exemplares (A) e densidade em biomassa (B) de espécies de peixes capturados em igarapés dos fragmentos urbanos de Manaus.....45

Figura 11- Análise de Componentes Principais (PC1 e PC2) mostrando as projeções das variáveis ambientais, físico-químicas e freqüência de ocorrência dos substratos (**a**), e as ordenações dos pontos de coletas em igarapés conservados (C) e alterados (A) (**b**).....49

Figura 12- Regressão entre o eixo 1 da PCA (representando as variáveis ambientais) e o eixo 1 da ordenação (MDS) para os dados de presença-ausência das espécies de peixes (a), e entre o eixo 1 da PCA com eixo 2 MDS para os dados de abundância de peixes (b), densidade em biomassa (c) e densidade em número de exemplares (d).....50

Figura 13- Relação entre o tamanho dos fragmentos florestais e riqueza de espécies (a), abundância de indivíduos (b), diversidade de Shannon-Wiener (c), densidade em número de exemplares (d), densidade em biomassa (e) e composição de espécies de peixes (f), para quinze fragmentos urbanos de Manaus.....56

Figura 14- Relação entre amônia e riqueza de espécies (a), abundância de indivíduos (b), diversidade de Shannon-Wiener (c), densidade em número de exemplares (d), densidade em biomassa (e) e composição de espécies (f), coletados em quinze fragmentos urbanos de Manaus.....57

Figura 15- Relação entre nitrito e riqueza de espécies (a), abundância de indivíduos (b), diversidade de Shannon-Wiener (c), densidade em número de exemplares (d), densidade em biomassa (e) e composição de espécies (f), coletados em quinze fragmentos urbanos de Manaus.....58

Figura 16- Relação entre similaridade de espécies de peixes e a distância entre os fragmentos.....60

Figura 17- Relação entre similaridade de espécies de peixes e a conectividade entre os fragmentos.....60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fragmentos florestais urbanos amostrados. A numeração corresponde a Figura 2. Os nomes dos fragmentos foram dados de acordo com a localidade (bairro, instituição, empresa, balneário) da qual fazem parte ou estão próximos.....10

Tabela 2- Valores médios dos parâmetros ambientais medidos em igarapés de 15 fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus-AM.....29

Tabela 3- Composição da ictiofauna capturada nos 15 fragmentos florestais urbanos estudados em Manaus, em número de exemplares coletados por trecho de 200m de igarapé. C1= UFAM, C2= INFRAERO 1, C3 = INFRAERO 2, C4= Acará 1, C5= Nascente Ipiranga, C6= Armando Mendes., C7= Acará 2, C8= Escola Agrotécnica, C9= SESI, A1= INFRAERO 3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4= Coca Cola, A5= Tarumã e A6= Mindu.....34

Tabela 4- Valores de biomassa (g), densidade em biomassa (g/m^3) e densidade de exemplares (ex./m^3) de peixes capturados nos 15 igarapés dos diferentes fragmentos de Manaus (A= alterado; C= conservado).....36

Tabela 5- Parâmetros da estrutura das assembléias de peixes nos 15 fragmentos florestais urbanos estudados (A= alterado; C= conservado).....40

Tabela 6- Valores de ocorrência das espécies de peixes (n e %) por fragmento, biomassa (g), densidade em biomassa (g/m^3) e densidade em n° de exemplares (ex./m^3) para cada espécies coletadas nos igarapés dos fragmentos florestais urbanos de Manaus. F O= frequência de ocorrência…….....41

Tabela 7- Valores dos eixos 1 e 2 (Dim 1 e Dim 2) das analises de MDS para os dados quantitativos (Bray-Curtis), qualitativos (Presença-ausência), densidade em Número de exemplares e densidade em biomassa.....46

Tabela 8- Correlação de Pearson entre as variáveis ambientais medidas nos igarapés dos fragmentos urbano de Manaus. Valores em **negrito** indicam correlações estatisticamente significativas.....51

Tabela 9- Autovetores dos dezoito parâmetros ambientais analisados, para os dois primeiros componentes principais, suas respectivas porcentagens de variância e seus autovalores.....52

Tabela 10- Valores dos escores para os igarapés dos diferentes fragmentos florestais. 53

Tabela 11- Valores de (F, p e r^2) das relações entre tamanho do fragmento, amônia e nitrito e riqueza de espécies, abundância de indivíduos, diversidade de Shannon-Wiener, densidade em número de exemplares, densidade em biomassa e composição de espécies de peixes, para quinze fragmentos urbanos de Manaus.....55

Tabela 12- Matriz de similaridade ictiofaunística entre os 15 fragmentos florestais urbanos estudados. Em **negrito** encontram-se marcados os valores iguais ou superiores a 50%.....61

Tabela 13- Matriz de distância espacial (km) entre os 15 fragmentos florestais urbanos estudados.....61

Tabela 14- Matriz de conectividade (km) entre os 15 fragmentos florestais urbanos estudados.....61

RESUMO

A cidade de Manaus vem crescendo de forma acelerada e desordenada, o que provoca a fragmentação da floresta e condena os igarapés urbanos ao desaparecimento. Junto com esses igarapés, perde-se uma parcela importante da biodiversidade aquática local, antes mesmo de ser adequadamente conhecida. Nesse sentido, foram estudadas as assembléias de peixes de igarapés em 15 fragmentos florestais urbanos, visando avaliar os efeitos da fragmentação florestal e características estruturais dos igarapés sobre a composição e diversidade da ictiofauna. Foram coletadas 41 espécies de peixes, de seis ordens e 11 famílias. A riqueza variou de uma a 14 espécies por trecho de 200m de igarapé. Igarapés sujeitos a impactos antropogênicos apresentaram mudanças tanto nos parâmetros físico-químicos, como na composição e estrutura das assembléias de peixes. Igarapés em bom estado de conservação apresentaram riqueza de espécies mais alta, associada a altos valores de oxigênio dissolvido e baixos valores de condutividade e pH, e a situação inversa foi registrada nos igarapés poluídos por efluentes domésticos. A similaridade na composição de espécies de peixes não foi significativamente correlacionada com a distância entre os fragmentos, nem com a conectividade entre os igarapés. Diferenças nas características ambientais originais dos igarapés, bem como o subseqüente isolamento de populações de peixes por barreiras químicas (igarapés altamente poluídos entre os fragmentos) podem ser responsáveis pelas diferenças atualmente observadas na composição de espécies em igarapés próximos. A riqueza por igarapé (diversidade α, 1-14 espécies) foi pequena em relação à riqueza total encontrada (41 espécies), indicando uma alta diversidade β. Tais resultados indicam que a conservação das áreas verdes da zona urbana de Manaus é imprescindível para a manutenção da biodiversidade, uma vez que os fragmentos abrigam diferentes composições de espécies de peixes. Portanto, a destruição de qualquer fragmento pode resultar na extinção local de várias espécies de peixes, com perda de biodiversidade regional.

ABSTRACT

The city of Manaus is growing in an accelerated and disordered way, what provokes the fragmentation of the forest and condemns the urban streams to the disappearance. With those streams, an important portion of the local aquatic biodiversity gets lost, before even of being appropriately known. We studied the stream fish assemblages in 15 urban forest fragments, seeking to evaluate the effects of the forest fragmentation and structural characteristics of the streams on the composition and diversity of the ictiofauna. 41 species of fish were collected, of six orders and 11 families. Species richness varied from one to 14 species in 200m stream reaches. Streams subjected to anthropogenic impacts presented conspicuous changes in limnological parameters and in the composition and structure of the assemblies of fish as well. Preserved streams contained richer fish assemblages, associated to high values of dissolved oxygen and low values of conductivity and pH, whereas the inverse situation was registered in streams polluted by domestic sewage. The similarity in the composition of fish assemblages was not correlated significantly with the linear distance among the fragments, neither with the hydrological connectivity among the streams. Differences in the original environmental characteristics of the streams, as well as the subsequent isolation of populations of fish for chemical barriers (highly polluted streams among the forest fragments) can be responsible for the differences now observed in the composition of species in nearby streams. The species richness found in each stream (1-14 species) was small in relation to the overall species richness found (41 species), indicating a high Beta diversity. Such results indicate that the conservation of the forest fragments of the urban area of Manaus is critical for the maintenance of the general fish diversity, once the fragments contain different subsets of regional ichthyofauna. Therefore, the destruction of any fragment may result in the local extinction of one or more species of fish, with an important loss of the regional biodiversity.

1 - INTRODUÇÃO

A região amazônica abrange uma extensa área de 5.033.072 km^2, dos quais 3,9 milhões de km^2 constituem território brasileiro. Os rios da bacia amazônica contêm cerca de 20% de toda a água doce do mundo e a alta taxa de precipitação na região (> 2000 mm/ano) contribui para a existência de uma notável rede de rios e igarapés que transportam a descarga superficial das chuvas (Junk, 1983; Salati, 1983; Sioli, 1984). Na Amazônia Central, estima-se que cada quilômetro quadrado tenha de 2 a 4 quilômetros de igarapés, o que torna essa rede hidrográfica a mais densa do mundo (Franken & Leopoldo, 1984).

Esses igarapés apresentam águas ácidas, pobres em sais minerais e com baixas concentrações de cálcio e magnésio (Sioli, 1984; Walker, 1990). A floresta densa deixa pouca luz atingir a superfície da água, limitando, assim, a produção de algas e plantas aquáticas superiores, que poderiam servir como base da cadeia alimentar aquática (Junk, 1983; Walker, 1990; 1995). Devido a isso, as cadeias alimentares são basicamente dependentes do material alóctone proveniente da floresta e que cai nos igarapés (Goulding, 1980; Junk, 1983; Walker, 1991; Lowe-McConnell, 1999). Entretanto, suas comunidades de peixes estão entre as mais diversificadas e menos conhecidas, podendo ser encontradas de 20 a 50 espécies em um único igarapé (Henderson & Walker, 1986; Kirovsky, 1998; Sabino & Zuanon, 1998; Sabino, 1999; Lowe-McConnell, 1999; Mendonça *et al*., 2005).

A floresta é fundamental para a existência da extensa rede de igarapés da Amazônia Central, pois a cobertura vegetal ajuda a manter a integridade do solo e a capacidade de infiltração da água, o que reduz o escoamento superficial e minimiza a

erosão (Walker, 1995; Faria & Marques, 1999). Além disso, a floresta possibilita que os igarapés mantenham seus fluxos mesmo em períodos mais secos. Por influenciar diretamente na manutenção dos habitats aquáticos, a floresta é essencial para a manutenção da qualidade da água, do solo e para a preservação da biodiversidade aquática. No entanto, o crescimento populacional, associado à urbanização, tem provocado alterações nesses ambientes, que vêm sendo gradativamente impactados devido aos desmatamentos e outras alterações físicas, poluição e introdução ou exclusão de espécies (Thorne & Williams, 1997; Kirovsky, 2001).

Uma das conseqüências da ocupação humana dentro de áreas de floresta é a criação de fragmentos de floresta isolados, o que leva a flora e fauna, que antes existiam em habitats contínuos, a sobreviver em um mosaico do habitat original ou em ambientes inadequados (Bierregaard, 1989). Essa transformação de grandes áreas de floresta primária em pequenos fragmentos tem sérias conseqüências para a biodiversidade (Bierregaard *et al.*, 1992), além de causar intensa degradação dos solos e contribuir para a modificação climática, através das emissões de gases para a atmosfera (principalmente o CO_2) devido às queimadas (Fearnside, 1993).

Via de regra, a fragmentação florestal provoca perda de biodiversidade (Bierregaard *et al*., 1992). Entretanto, alguns estudos na Amazônia Central mostram um aumento na riqueza para diferentes grupos de organismos, como mamíferos, anfíbios e borboletas (Malcolm, 1991; Tocher *et al*., 1997; Brown & Hutchings, 1997). Embora aparentemente paradoxais, esses aumentos na riqueza local de espécies devem-se à invasão dos fragmentos por espécies de hábitos generalistas, o que pode originar impactos negativos adicionais sobre a fauna e flora remanescentes

(Bierregaard *et al.*, 1992).

As transformações mais marcantes no processo de fragmentação florestal incluem a redução da biodiversidade de muitos grupos taxonômicos, a diminuição do número de indivíduos das populações (colocando em risco a sua existência ou levando-as à extinção) e a interrupção do fluxo gênico entre as populações, reduzindo a variabilidade genética local (Martins & Segesser, 1996). No caso dos ambientes aquáticos, alterações no regime hídrico decorrentes da fragmentação de habitats são particularmente nocivas (Colli *et al.*, 2003). Essas alterações podem ocorrer devido ao crescimento desordenado das cidades, que provoca impactos nos corpos d'água através do despejo de esgotos domésticos *in natura*, causando a eutrofização dos ambientes aquáticos (Moura & Rosa, 1990).

Manaus é a principal cidade da Amazônia ocidental brasileira e está completamente inserida na floresta e ligada à sua bacia de drenagem. Desta forma, perturbações causadas pela remoção da floresta ou a poluição dos cursos d'água, têm efeitos diretos e negativos sobre a qualidade do ambiente urbano, a biodiversidade e a saúde da população humana.

A área urbana da cidade de Manaus, em virtude do grande contingente populacional e da falta de planejamento urbano, vem crescendo de maneira acelerada e desordenada. Em 1960 e 2000 a cidade possuía 173.703 e 1.403.796 habitantes, respectivamente (Silva & Silva, 1993; IBGE, 2001). Esta explosão demográfica ocorreu principalmente em virtude da criação da Zona Franca de Manaus (1967), que ocasionou um deslocamento das populações do interior do Estado para Manaus (Silva & Silva, 1993). Com o crescimento da cidade, a floresta

foi reduzida a fragmentos em meio a vários bairros e conjuntos residenciais com alta densidade demográfica. Nem mesmo as áreas de baixios, por onde fluem os igarapés, escaparam dessa expansão descontrolada.

Poucos estudos têm sido feitos sobre as comunidades biológicas desses ambientes que estão sob crescente impacto. Em 1995, a cidade de Manaus contava com 52 fragmentos florestais com área superior a 10 hectares. Esses mesmos fragmentos foram mapeados em 1999, e 92% deles diminuíram de tamanho, tendo perdido cerca de 50% da área total (Marinho & Mesquita, 2001).

Apesar da existência de um número elevado de fragmentos florestais na área urbana de Manaus, poucos possuem nascentes (igarapés de 1ª e 2ª ordem) sob condições ambientais íntegras. Em 2001, Cleto-Filho & Walker descreveram as nascentes do igarapé do Mindu como locais preservados e livres de perturbações antrópicas. Atualmente, tais nascentes se encontram tão deterioradas quanto os outros igarapés afluentes do Mindu (Couceiro, 2005). Outro exemplo desse crescimento é o bairro Nova Cidade, cujos igarapés tiveram suas margens desmatadas e o leito e as margens foram revestidos com concreto pela prefeitura de Manaus (Couceiro, 2005). A Reserva Florestal Adolfo Ducke, um enorme fragmento florestal urbano de 10.000 hectares, já se encontra cercada por bairros, e as nascentes próximas às bordas da Reserva se encontram ameaçadas pelo desenvolvimento urbano (Mendonça, 2002).

Até o momento, são poucos os estudos realizados sobre os efeitos da fragmentação florestal na diversidade de peixes na Amazônia. Bojsen & Barriga (2002) compararam 12 igarapés de áreas naturais e desmatadas da Amazônia

Equatoriana e demonstraram que as assembléias de peixes são fortemente afetadas pelo desmatamento. Os autores comprovaram que a diversidade Beta era mais alta entre ambientes com cobertura florestal íntegra do que em locais desmatados, indicando maior heterogeneidade na composição de espécies. Também constataram um aumento na densidade total de peixes com o desmatamento, e uma alteração nas relações de dominância nas comunidades, passando de Characiformes onívoros e insetívoros em locais com florestas, para um domínio de Siluriformes perifitívoros (Loricariidae) em locais desmatados.

Kirovsky (2001) estudou o efeito de clareiras e barragens sobre as comunidades de peixes em cinco igarapés da zona rural de Manaus e Presidente Figueiredo, e registrou uma redução de 40 a 60% no número de espécies e um aumento de 80% no número de indivíduos e na biomassa, em relação a trechos naturais dos mesmos igarapés. Silva (1992) estudou a estrutura da comunidade de um igarapé poluído de Manaus e concluiu que a baixa concentração de oxigênio e a baixa diversidade de habitats são os principais fatores que influenciam a estrutura das comunidades de peixes. Não existem, porém, estudos detalhados sobre os efeitos da fragmentação florestal sobre a diversidade de peixes em igarapés urbanos na Amazônia brasileira.

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da fragmentação florestal sobre as assembléias de peixes em igarapés da zona urbana de Manaus. Espera-se que esta análise possibilite avaliar o estado de conservação da ictiofauna e indicar estratégias para a conservação e o manejo da biodiversidade regional.

2 – OBJETIVOS

2.1 – **Objetivo geral**:

- ✓ Avaliar os efeitos da fragmentação florestal sobre as assembléias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus.

2.2 – **Objetivos específicos**:

- ✓ 1) Determinar a riqueza, abundância relativa, densidade e composição das assembléias de peixes de igarapés urbanos de Manaus.
- ✓ 2) Avaliar as relações entre a riqueza, abundância de espécies de peixes e o tamanho dos fragmentos florestais urbanos;
- ✓ 3) Verificar as variações na composição das assembléias de peixes em relação às características estruturais dos igarapés e físico-químicas da água;
- ✓ 4) Avaliar a relação entre similaridade na composição de espécies de peixes e a distância entre os fragmentos florestais.
- ✓ 5) Avaliar a relação entre similaridade na composição de espécies de peixes e a conectividade entre os igarapés.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Área de estudo

A cidade de Manaus está localizada na porção central da Amazônia, na margem esquerda do rio Negro e próximo à sua confluência com o rio Solimões. A superfície total do Município é de 11.458 Km^2 e sua área urbana se estende por 377 Km^2 (Velloso *et al.*,2002) (Figura 1).

O clima é do tipo equatorial úmido, com temperatura média anual de 26,7º C, variando entre 23,3º C e 31,4º C. A umidade relativa média do ar é de 80% e a média de precipitação anual é de 2.286 mm. Há alternância de uma estação úmida chuvosa, de novembro a maio, e de uma estação seca, de junho a outubro. A vegetação é do tipo tropical densa, sendo denominada floresta de "terra firme", uma vez que não é inundada pela cheia dos rios (Ribeiro *et al.*, 1999).

Estimativas atuais consideram que Manaus apresenta uma população total de cerca de 1,6 milhão de habitantes, com aproximadamente 99% na área urbana (PMM, 2005).

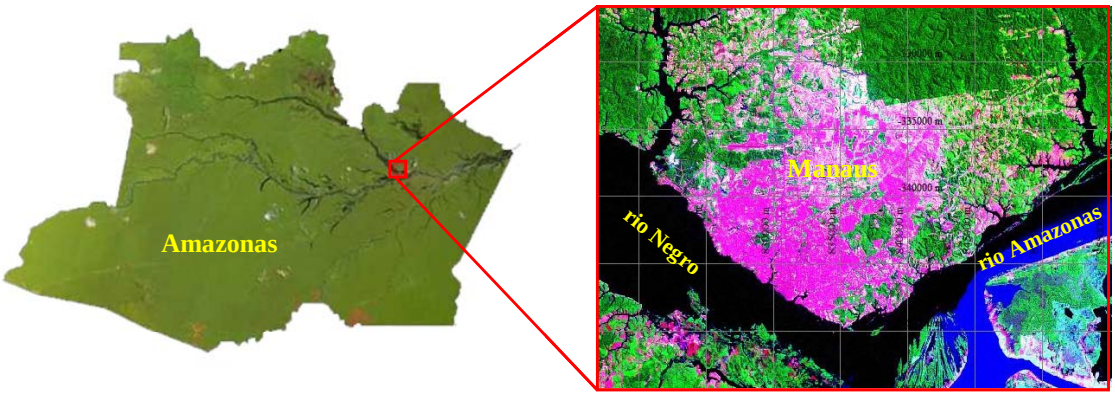


Figura 1 – Localização geográfica da cidade de Manaus (03º S, 60ºW).

3.2 – Os fragmentos florestais e os igarapés urbanos de Manaus

Os fragmentos florestais urbanos de Manaus foram identificados e quantificados utilizando-se imagens de satélite (LANDSAT- ETM7) do ano de 2005, e a localização dos fragmentos foi feita com uso do programa de computador GPS Trackmaker PRO. Os procedimentos para quantificar os fragmentos foram:

1 - delimitar a área de trabalho, correspondente ao limite atual da área urbana da cidade;

2 - identificar, medir e selecionar 15 fragmentos florestais contidos na área urbana de Manaus que possuem igarapés supostamente livres do despejo de esgotos domésticos e sob boas condições de integridade ambiental;

A escolha dos 15 fragmentos florestais com a cobertura florestal preservada foi feita com ajuda de especialistas da UFAM e INPA, que trabalham atualmente nos fragmentos florestais urbanos de Manaus. Buscou-se selecionar fragmentos com uma considerável variação de tamanho e uma boa distribuição espacial dentro da área urbana de Manaus. As nascentes contidas nos fragmentos fazem parte das principais microbacias de drenagem da cidade: igarapés Tarumã, Mindu, Quarenta e Puraquequara (Figura 2; Tabela 1).

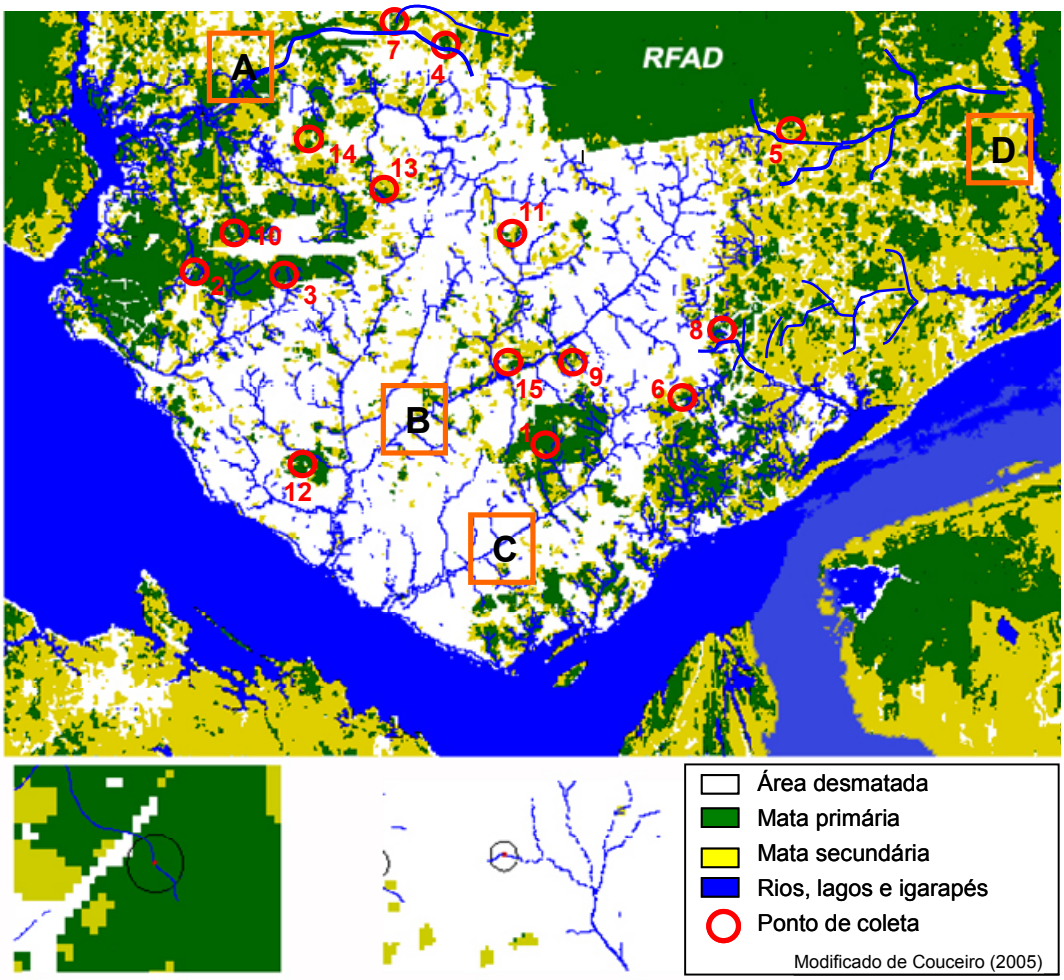


Figura 2 – Imagem da cidade de Manaus – AM (2005), com a localização dos quinze fragmentos florestais estudados (1= UFAM; 2= INFRAERO 1; 3= INFRAERO 2; 4= Acará 1; 5= Nasc. Ipiranga; 6= Armando Mendes; 7= Acará 2; 8= Escola Agrotécnica; 9= SESI; 10= INFRAERO 3; 11= Samauma; 12= CIGS; 13= Coca-cola; 14= Tarumã e 15= Mindu); e as principais microbacias: Tarumã (A); Mindu (B); Quarenta (C) e Puraquequara (D) (Imagem LANDSAT- ETM7).

Tabela 1. Fragmentos florestais urbanos amostrados. A numeração corresponde à Figura 2. Os nomes dos fragmentos foram atribuídos de acordo com a localidade (bairro, instituição, empresa, balneário) da qual fazem parte ou estão próximos.

Fragmento (Fig.2)	Nome	Tamanho (ha)	Localização	Coordenadas
1	**UFAM**	**676,0**	Bairro Japiim	03°05'59,2"S/59°58'05,0"W
2	**INFRAERO 1**	**292,0**	Aeroporto Internacional	03°02'36,6"S/60°04'08,2"W
3	**INFRAERO 2**	**210,0**	Aeroporto Internacional	03°02'54,2"S/60°02'55,7"W
4	**Acará 1**	**12,8**	Balneário Conceição	02°57'58,5"S/59°59'38,1"W
5	**Nasc. Ipiranga**	**10,2**	Bairro Cidade de Deus	03°00'21,5"S/59°55'06,9"W
6	**Armando Mendes**	**72,7**	Bairro Armando Mendes	03°05'35,1"S/59°55'57,6"W
7	**Acará 2**	**563,0**	Prox. Turkys Aquários	02°57'45,8"S/59°59'52,0"W
8	**Escola Agrotécnica**	**15,0**	Bairro Gilberto Mestrinho	03°04'42,5"S/59°55'43,7"W
9	**SESI**	**52,0**	Bairo São José I	03°04'10,5"S/59°57'55,6"W
10	**INFRAERO 3**	**179,0**	Aeroporto Internacional	03°02'00,5"S/60°03'37,9"W
11	**Samaúma**	**49,1**	Bairro Cidade Nova	03°02'10,3"S/59°58'56,1"W
12	**CIGS**	**113**	Bairro São Jorge	03°06'15,3"S/60°02'36,5"W
13	**Coca cola**	**66,1**	Bairro Novo Israel	03°01'25,3"S/60°01'16,4"W
14	**Tarumã**	**85,6**	Prox. Cachoeira alta	03°00'53,7"S/60°02'53,0"W
15	**Mindu**	**33,7**	Bairro Parque 10	03°04'58,0"S/60°00'14,4"W

3.3 Coleta, triagem e identificação dos peixes

As coletas foram realizadas entre os meses de Janeiro e Julho de 2006, período correspondente à estação chuvosa. Foi amostrado apenas um igarapé por fragmento, com exceção do fragmento da UFAM, com dois igarapés amostrados. Em cada igarapé foi percorrido um trecho de 200 m de extensão, onde foram feitas as coletas dos peixes com redes de cerco (2 m comprimento x 1m altura, malha 3 mm entre nós), peneiras metálicas e puçás de malha fina (2 mm entre nós). Foram utilizadas redes de bloqueio em cada seguimento de 50 m para facilitar a "varredura" nos trechos dos igarapés (Figura 3). O esforço de pesca foi padronizado entre os igarapés amostrados e consistiu na atuação de três coletores durante aproximadamente duas horas de trabalho em cada igarapé.

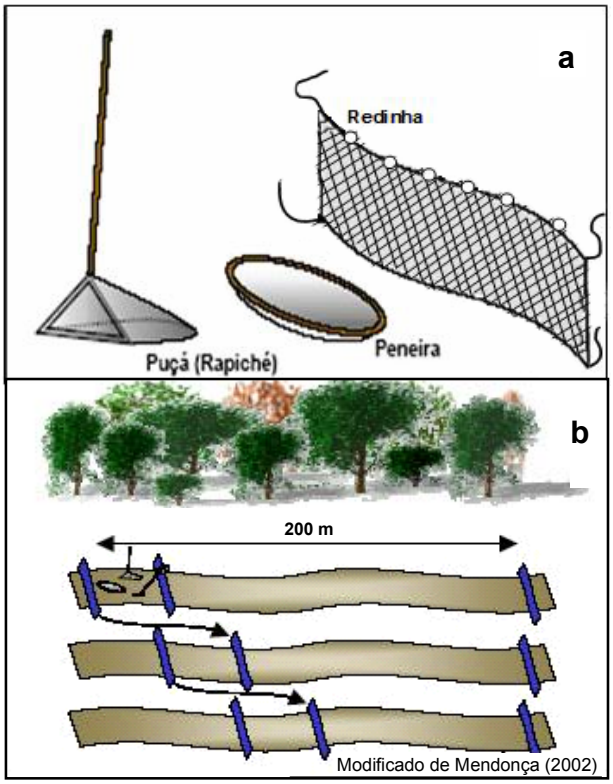


Figura 3- Equipamentos utilizados para a coleta da ictiofauna (**a**) e esquema de coleta de peixes nos trechos dos igarapés (**b**).

Os peixes coletados foram anestesiados em solução de Benzocaína, posteriormente fixados em formalina 10% e acondicionados em sacos plásticos devidamente etiquetados. Após o trabalho em campo, as amostras foram transportadas ao laboratório, onde foram lavadas com água corrente por 24 horas. Após a triagem, para cada exemplar foram registrados dados de comprimento padrão (Cp), em centímetros (cm), e peso total, em gramas (g). Em seguida, os exemplares foram conservados em etanol 70%. A identificação das espécies de peixes foi realizada até o menor nível taxonômico possível, utilizando bibliografia especializada e ajuda de especialistas do INPA. Exemplares-testemunho foram depositados na coleção de peixes do INPA.

3.4 – Parâmetros ambientais

Antes de cada coleta dos peixes foram realizadas medidas de parâmetros físicos dos igarapés e físico-químicos da água. As seguintes variáveis foram medidas: largura do canal, profundidade, tipo de substrato (areia, argila, macrófitas, raiz, tronco e liteira), velocidade da correnteza, vazão, abertura do dossel, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. Amostras de água foram coletadas para posterior análise da concentração de amônia e nitrito, seguindo a metodologia de análise colorimétrica modificadas por Boyd & Tucker (1992).

A largura média do canal (m) foi calculada a partir da média de quatro medidas eqüidistantes (50 m) ao longo do trecho de 200 m de cada igarapé. Nesses mesmos locais foi medida a profundidade do canal (cm) a partir de sondagens verticais a cada 10 cm, iniciando a 1 cm da margem com um bastão graduado. A velocidade da

corrente (m/s) foi determinada pela média de quatro medidas em pontos dispostos no centro do canal, utilizando o tempo de deslocamento de um objeto flutuante em uma distância conhecida.

A vazão média (m^3/s) foi obtida relacionando-se velocidade média, largura e profundidade, pela fórmula **Q = A * Vm**, onde, Q = vazão; Vm = velocidade média da corrente; A = área média na secção transversal do curso de água. Foi calculada a média da área de quatro transectos em cada trecho estudado, pela fórmula:

$\mathbf{At = \Sigma^{n}_{i} A_n}$ onde, At = área do transecto dada pela somatória de $[(Z_1+Z_2)/2].l$ + $[(Z_2+Z_3)/2].l$ + ... $[(Z_n+Z_{n+1})/2].l$ onde, Z_n = profundidade medida em cada segmento; l = largura de cada segmento.

A temperatura (°C) e o oxigênio dissolvido (mg/l) foram determinados na camada sub-superficial com termômetro/oxímetro digital portátil (Yellow Springs, modelo 58). O potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade ($\mu S*cm^{-1}$) foram determinados com potenciômetro/condutivímetro digital portátil (Yellow Springs modelo 63).

A abertura média do dossel foi estimada por meio de quatro fotografias, tiradas com uma câmara digital, em pontos eqüidistantes ao longo do trecho determinado em cada igarapé. Na margem de cada igarapé, a máquina fotográfica foi posicionada sobre um tripé, a 1 m do solo, formando um ângulo de 90°, com a lente voltada para cima. A câmera foi programada para que todas as fotografias tiradas tivessem a mesma resolução. No laboratório as imagens foram analisadas com uso de programa de computador, de acordo com a metodologia usada por Engelbrecht & Herz (2001), através do seguinte procedimento padrão:

1. o tipo de dado de cor da imagem foi mudado para cinza (modo escalas de cinza);

2. o contraste da imagem foi ajustado para + 100 e o brilho para – 100. Assim, a imagem resultante desse procedimento foi composta somente de “pixels” pretos e brancos, representando cobertura florestal e abertura do dossel, respectivamente;

3. a porcentagem de “pixels” brancos na imagem foi determinada por meio do uso de histogramas constituídos a partir de cada imagem, quantificando os “pixels” pretos e brancos. Posteriormente foram calculadas a média e variância para esses valores.

O tipo de substrato foi classificado em seis categorias: areia, argila, tronco (madeiras com diâmetro acima de 10 cm), liteira (folhas e pequenos galhos), raízes (emaranhados de raízes provenientes da vegetação marginal), macrófitas e seixos. A composição porcentual de cada tipo de substrato foi determinada a partir de sondagens de secções transversais ao eixo de igarapé, no momento da realização das medidas de profundidade do canal.

3.5 – Análises estatísticas

Estrutura das assembléias de peixes

Estimativas de riqueza para cada igarapé foram calculadas para analisar a efetividade dos valores de riqueza obtida nas capturas. Tais estimativas de riqueza foram feitas com uso do método Jackknife (Krebs,1999), de acordo com a fórmula:

$$\hat{S} = S + (n - 1 / n)\, k$$

Onde: $\hat{S}$ = estimativa da riqueza;

S = número total de espécies observadas na amostra "*n*";

n = número total de amostras;

k = número de espécies únicas, isto é, coletadas uma única vez.

A abundância de peixes nos igarapés foi representada pelo número de exemplares coletados em cada trecho de 200 m, a partir de um esforço padronizado de captura.

Além de valores de riqueza e abundância, foram estimados valores de densidade em número de indivíduos e em biomassa total por trecho de igarapé amostrado. A densidade foi calculada por meio da razão entre o número de indivíduos ou a biomassa (peso) dos peixes e o volume (m^3) do trecho amostrado, calculado com base na área transectiva do igarapé, em um trecho de 200 m de comprimento.

Foram calculados os valores de diversidade, dominância, equitabilidade e freqüência de ocorrência das espécies de peixes para todos os igarapés. A diversidade foi calculada através do índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1999):

$$\mathbf{H' = - \Sigma (p_i) (ln\ p_i)}$$

Onde:

pi representa a proporção de exemplares da i-ésima espécie (Magurran, 1988). Como em uma amostra o verdadeiro valor de *pi* é desconhecido, é estimado pela seguinte fórmula:

$$p_i = (n_i / N)$$

Sendo:

n_i = número de exemplares pertencentes à espécie "i";

N = número total de exemplares coletados na amostra.

Para o cálculo de dominância, foi utilizado o índice proposto por Berger-Parker (Berger & Parker, 1970), que representa a dominância de uma espécie na estrutura da comunidade. Sendo estimado pela seguinte fórmula:

$$d = n \max / N$$

Onde:

n max = número de exemplares da espécie mais abundante.

N = número de exemplares da amostra.

Para calcular a abundância relativa das espécies (equitabilidade), Pielou, (1969 *apud* Magurran, 1988) propõe a relação entre a diversidade observada e a diversidade máxima. Esta relação é expressa pela seguinte fórmula:

$$E = H' / \ln S$$

Onde

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener;

S = número de espécies presentes na amostra.

A freqüência de ocorrência de cada espécie foi calculada pela porcentagem de igarapés em que a espécie ocorre.

Relações entre variáveis ictiofaunísticas, variáveis ambientais e o tamanho dos fragmentos

Para verificar a existência de relações entre as variáveis ictiofaunísticas (riqueza de espécies, abundância de peixes, diversidade de Shannon-Wiener, densidade em

número de indivíduos, densidade em biomassa) e variáveis ambientais (amônia, nitrito, condutividade elétrica, pH, velocidade da correnteza, vazão) e o tamanho dos fragmentos florestais, foram realizados regressões lineares múltiplas (Zar, 1999).

Uma análise de correlação de Pearson foi realizada entre as variáveis ambientais (características físico-químicas da água e características estruturais dos igarapés), para avaliar a existência de problemas de colinearidade.

Para verificar se as microbacias do Quarenta, Mindu, Tarumã e Puraquequara se diferenciam quanto à riqueza e densidade de peixes, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (H), destinado a comparar três ou mais amostras de mesmo tamanho ou desiguais (Ayres *et al.,* 2003).

Variações na composição das assembléias de peixes em relação às características estruturais dos igarapés e características físico-químicas da água.

Para verificar as relações entre a composição de espécies das assembléias de peixes e as características físico-químicas e estruturais dos igarapés estudados, foram empregadas técnicas de análise estatística multivariada.

Para avaliar as relações entre as assembléias de peixes nos diferentes igarapés estudados, foi empregado o método de Escalonamento Multidimensional (MDS), com uso dos índices de Bray-Curtis e de Jaccard. Para essas análises, foram realizadas ordenações a partir de informações sobre abundância, densidade em número de indivíduos, densidade em biomassa e freqüência de ocorrência.

Uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi empregada para ordenar

os igarapés em função das características físico-químicas da água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação de oxigênio e condutividade) e características estruturais dos igarapés (largura, profundidade, velocidade da correnteza, abertura do dossel, vazão, tipo de substrato). No processamento da PCA, produziu-se uma ordenação com dois eixos, no qual a distribuição dos fragmentos é representada por pontos, enquanto que as variáveis ambientais são representadas por linhas pontilhadas indicando a direção do seu gradiente máximo, sendo o comprimento da linha proporcional à correlação da variável com os eixos. Para facilitar a compreensão, o gráfico de ordenações foi separado em dois diagramas, um com a ordenação das variáveis ambientais e outro com a dos fragmentos.

Posteriormente, para verificar as relações entre a composição de espécies de peixes (representada pelos eixos do MDS) com as características ambientais (representadas pelos eixos da PCA), foram feitas regressões lineares utilizando os escores dos igarapés (MDS x PCA).

Relação entre similaridade na composição de espécies e a distância entre os fragmentos.

Para avaliar a relação entre a distância entre os fragmentos florestais e a similaridade da composição da ictiofauna dos igarapés, foi utilizado o índice de Jaccard:

$$J = a / a + b + c$$

Onde:

J = Similaridade de Jaccard

a = número de espécies comuns entre os locais 1 e 2;

b = número de espécies presentes no local 1 e ausentes no local 2;

c = número de espécies presentes no local 2 e ausentes no local 1.

Os resultados foram organizados em uma matriz de similaridade ou de distância ictiofaunística. Os valores da matriz variam entre 0 e 1 e foram convertidos em porcentagens. Outra matriz de distância espacial foi construída a partir dos valores das distâncias (em km) dos igarapés nos 15 fragmentos, calculados com uso do programa Global Mapper 6.0. Finalmente, a correspondência entre a matriz de similaridade e a matriz de distância espacial dos 15 fragmentos foi avaliada com a aplicação do teste de Mantel, com 10.000 permutações aleatórias.

Relação entre similaridade na composição de espécies e conectividade dos igarapés

Para testar a relação entre a similaridade das assembléias de peixes e a conectividade entre os igarapés, foi construída uma matriz de distâncias (em km) entre os pontos de amostragem, medidas acompanhando-se o percurso dos igarapés em imagens de satélite Landsat TM7, com uso do programa de computador Global Mapper 6.0. A comparação entre a matriz de similaridade ictiofaunística e a matriz de valores de conectividade dos igarapés foi feita com a aplicação do teste de Mantel, com 10.000 permutações aleatórias.

4 – RESULTADOS

4.1 Caracterização dos locais de coleta

Dois tipos de situações foram observados nos igarapés dos fragmentos urbanos estudados: 1) igarapés relativamente conservados (C), com pouco ou nenhum impacto antropogênico evidente, como os localizados nos fragmentos UFAM, INFRAERO 1, INFRAERO 2, Acará 1, Nascente Ipiranga, Armando Mendes, Acará 2, Escola Agrotécnica e SESI; 2) Igarapés alterados (A), ou seja, com indícios de poluição, assoreamento e outras pertubações antrópicas, como dos fragmentos INFRAERO 3, Samauma, CIGS, Coca-cola, Tarumã e Mindu. É apresentada a seguir uma descrição geral e sucinta de cada trecho de igarapé amostrado, com informações sobre o tipo de vegetação, relevo, solo e tipos predominantes dos substratos de fundo.

Fragmento UFAM (C1)

O fragmento C1 apresenta vegetação primária densa e alta (abertura do dossel =10%), bastante conservada. O relevo é plano, com uma área sazonalmente inundada por fortes chuvas, que acompanha a margem do igarapé. O solo é arenoso/argiloso com igarapé bastante sinuoso apresentando grande quantidade de liteira e troncos submersos, além de raízes que se desenvolvem horizontalmente, formando emaranhados (Figura 4a).

Fragmento INFRAERO 1 (C2)

O fragmento C2 possui vegetação primária alta (abertura do dossel =15%), com característica de conservação semelhante ao fragmento C1, porém o relevo é

mais acidentado, com uma área plana, encharcada, em transição com barrancos. O solo é rochoso/arenoso com igarapé moderadamente sinuoso apresentando grande abundância de liteira e certa quantidade de troncos, raízes superficiais e seixos (Figura 4b).

Fragmento INFRAERO 2 (C3)

O fragmento C3 apresenta vegetação primária alta (abertura do dossel =15%), relativamente conservada. O relevo é suavemente ondulado e o solo é argiloso/arenoso com igarapé moderadamente sinuoso apresentando abundância de liteira e certa quantidade de troncos e raízes (Figura 4c). Na área de transição entre o fragmento e a cidade, há a construção de uma piscina com um filtro (tela) que possivelmente impede a passagem dos peixes.

Fragmento Acará 1 (C4)

O fragmento C4 apresenta vegetação mediana (abertura do dossel =18%), moderadamente conservada. O relevo é plano, com área sazonalmente inundada por fortes chuvas. O solo é arenoso com igarapé moderadamente sinuoso apresentando pouca quantidade de liteira e troncos. Macrófitas aquáticas submersas (*Cabomba* sp.; Cabombaceae) e algas filamentosas estão presentes em um trecho do igarapé, próximo a locais desmatados. Em áreas vizinhas ao fragmento há retirada de areia para a construção civil (Figura 4d).

Fragmento Nascente Ipiranga (C5)

O fragmento C5 é caracterizado pela presença de vegetação mediana (abertura do dossel =10%), moderadamente conservada, que aparentemente sofreu retirada de árvores do sub-bosque. O relevo é inclinado e o solo é argiloso/arenoso

com igarapé pouco sinuoso apresentando pouca quantidade de liteira e troncos (Figura 4e). No limite entre o fragmento e áreas habitadas, há um represamento do igarapé para a criação de peixes.

Fragmento Armando Mendes (C6)

O fragmento C6 possui vegetação baixa e pouco densa (abertura do dossel =13%), moderadamente conservada. O relevo é plano com solo argiloso/arenoso, encharcado com igarapé bastante sinuoso possuindo grande quantidade de raízes que se desenvolvem horizontalmente, formando emaranhados, além de pouca quantidade de liteira e macrófitas aquáticas (Figura 4f).

Fragmento Acará 2 (C7)

O fragmento C7 apresenta vegetação alta e pouco densa (abertura do dossel =18%), moderadamente conservada. O relevo é plano com solo arenoso com igarapé moderadamente sinuoso apresentando grande quantidade de macrófitas aquáticas (principalmente *Cabomba* sp.) e liteira (Figura 4g). Balneários ("banhos") estão provocando o represamento e assoreamento do igarapé nos limites do fragmento.

Fragmento Escola Agrotécnica (C8)

O fragmento C8 apresenta vegetação alta e densa (abertura do dossel= 19%), medianamente conservada. O relevo é ondulado com solo argiloso bastante encharcado com igarapé sinuoso apresentando grande quantidade de liteira. No limite do fragmento há um represamento do igarapé para a criação de peixes (Figura 4h).

Fragmento SESI (C9)

O fragmento C9 apresenta vegetação alta e pouco densa (abertura do dossel =12%), moderadamente conservada. O relevo é inclinado e o solo é arenoso com igarapé moderadamente sinuoso apresentando leito coberto por liteira e troncos (Figura 4i). Há pertubações causadas principalmente pela barragem do igarapé para a construção de uma piscina para lazer.

Fragmento INFRAERO 3 (A1)

O fragmento A1 apresenta vegetação alta e pouco densa (abertura do dossel =21%), moderadamente conservada, com a presença marcante da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*, Arecaceae). O relevo é plano e o solo é argiloso bastante drenado, com muita matéria orgânica. O igarapé apresenta traçado pouco sinuoso com leito com bastante raízes superficiais, água turva e malcheirosa, devido à descarga contínua de esgoto pretensamente tratado proveniente do aeroporto (Figura 5a).

Fragmento Samauma (A2)

O fragmento A2 apresenta vegetação secundária (abertura do dossel =12%), pouco conservada. O relevo é ondulado e o solo é arenoso com igarapé pouco sinuoso e apresentando indícios de assoreamento, com água turva, mal cheirosa e pouca quantidade de liteira e troncos. Há perturbações evidentes provocadas pela derrubada de muitas árvores e excesso de lixo. Acredita-se que o mau cheiro da água do igarapé tenha origem no lençol freático contaminado por esgoto doméstico (Figura 5b).

Fragmento CIGS (A3)

O fragmento A3 apresenta vegetação primária alta e densa (abertura do

dossel =15%), moderadamente conservada. O relevo é plano e o solo arenoso com igarapé pouco sinuoso e apresentando forte assoreamento, com pouca quantidade de liteira. A água é turva com forte mau cheiro e grande quantidade de lixo. Há perturbações causadas pela descarga de esgoto do doméstico (Figura 5c).

Fragmento Coca-cola (A4)

O fragmento A4 apresenta vegetação primária alta (abertura do dossel =17%), moderadamente conservada. O relevo é levemente ondulado e o solo é arenoso com igarapé moderadamente sinuoso e apresentando sinais de assoreamento, com pouca quantidade de raízes e liteira. A água é turva e malcheirosa. Há perturbações causadas pela retirada de árvores da margem do igarapé e pela descarga de esgoto doméstico (Figura 5d).

Fragmento Tarumã (A5)

O fragmento A5 apresenta vegetação mediana (abertura do dossel =22%), pouco conservada. O relevo é ondulado e o solo é arenoso com igarapé pouco sinuoso e apresentando leito totalmente assoreado, com água turva e malcheirosa. Há perturbações causadas pela retirada de areia para a construção civil e pela descarga de esgoto doméstico proveniente de bairros vizinhos (Figura 5e).

Fragmento Mindu (A6)

O fragmento A6 apresenta vegetação alta e densa (abertura do dossel =13%), moderadamente conservada. O relevo é ondulado e o solo é arenoso com igarapé pouco sinuoso apresentando água malcheirosa, com pouca quantidade de liteira e raízes, porém, há uma grande quantidade de matéria orgânica acumulada, proveniente da descarga de esgoto doméstico *in natura* de residências da vizinhança

(Figura 5f).

4.1.1 Estrutura dos igarapés

De maneira geral, os igarapés conservados apresentaram cursos estreitos, com largura variando de 0,51 a 2,01 m ($\overline{X}$=1,25; ± 0,48 DP), profundidade de 4,4 a 21,8 cm ($\overline{X}$= 12,43; ± 6,68 DP) e com abertura do dossel de 10,5 a 18,9 % ($\overline{X}$ =14,7; ± 3,2 DP). A velocidade da corrente variou entre 0,05 e 0,31 m/s ($\overline{X}$=0,15; ± 0,09 DP), com vazão de 0,004 a 0,053 m^3/s ($\overline{X}$=0,023; ± 0,017 DP) e a maior parte de seus leitos continham liteira (34,2%), areia (25,7%), argila (15,33%) e raízes (11,1%). As águas apresentaram-se ácidas, com valores de pH em média de 5,32 (± 0,59 DP), com baixa condutividade elétrica $\overline{X}$=16,49 µS/cm (± 13,72 DP) e bem oxigenadas, com valor médio de O_2 dissolvido $\overline{X}$=5,97 mg/l (± 0,56 DP). A temperatura mostrou-se pouco variável, com média de 26,2 ^oC (± 0,8 DP). Os valores de amônia e nitrito foram baixos, variando de 0,001 a 0,076 ($\overline{X}$=0,022; ± 0,025 DP) e 0,003 a 0,039 mg/l ($\overline{X}$=0,017; ± 0,013 DP), respectivamente (Tabela 2).

Já os igarapés alterados apresentaram cursos largos, com largura variando de 0,77 a 4,63 m ($\overline{X}$=2,10m; ± 1,37 DP), profundidade variando de 9,3 a 21,5 cm ($\overline{X}$=15,17; ± 4,72 DP) e com abertura do dossel de 11,9 a 21,6 % ($\overline{X}$=16,7; ± 4,1 DP). A velocidade da corrente variou entre 0,05 e 0,34 m/s ($\overline{X}$=0,17; ± 0,09 DP) e a vazão mostrou grande variação, oscilando de 0,004 a 0,294 m^3/s ($\overline{X}$=0,082; ± 0,107 DP). Grande parte dos seus leitos foram cobertos por areia (67,6%) e raízes (13,6%). Suas águas apresentaram valores de pH próximos ao neutro $\overline{X}$=6,61 (DP= ± 0,30 DP), com alta condutividade elétrica $\overline{X}$=115,63 µS/cm (± 78,79 DP) e com valores

mais baixos de O_2 dissolvidos, em média de 4,1 mg/l (± 2,08 DP). A temperatura mostrou-se variável, com média de 26,9 ^{o}C (± 1,39 DP). Os valores de amônia e nitrito mostraram-se altos, variando entre 0,074 a 3,983 mg/l ($\overline{X}$=1,823; ± 1,782 DP) e 0,042 a 0,217 mg/l ($\overline{X}$=0,101; ± 0,070 DP), respectivamente (Tabela 2).

Figura 4- Vista dos igarapés amostrados nos 9 fragmentos florestais conservados da zona urbana de Manaus. a) UFAM; b) INFRAERO 1; c) INFRAERO 2; d) Acará 1; e) Nascente Ipiranga; f) Armando Mendes; g) Acará 2; h) Escola Agrotécnica e i) SESI.

Figura 5. Vista dos igarapés amostrados nos 6 fragmentos florestais alterados da zona urbana de Manaus. a) INFRAERO 3; b) Samauma; c) CIGS; d) Coca-cola; e) Tarumã; f) Mindu.

Tabela 2- Valores médios dos parâmetros ambientais medidos em igarapés de 15 fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus-AM (A= alterado; C= conservado).

Ponto de coleta	Estado de conservação	LAG (m)	PRO (cm)	VEL (m/s)	VAZ (m^3/s)	DOS (%)	pH	O_2 (mg/l)	COD (µS)	TEM (ºC)	AMÔ (mg/l)	NIT (mg/l)	Categorias de substratos (%)						
													ARE	ARG	TRO	LIT	RAI	MAC	SEI
UFAM	C	1,2	21,8	0,10	0,027	10,53	4,89	4,9	10,1	25,3	0,001	0,023	20	18	4	50	8	0	0
INFRAERO 1	C	1,2	9,2	0,17	0,019	15,21	4,63	6,3	6,8	25,5	0,019	0,008	8	0	10	60	12	0	10
INFRAERO 2	C	1,8	18,7	0,11	0,037	15,71	5,98	6,0	8,7	25,8	0,002	0,039	20	32	6	34	8	0	0
Acará1	C	1,5	8,5	0,31	0,039	17,92	4,87	6,3	10,0	25,8	0,023	0,012	68	0	10	12	6	0	4
Nasc. Ipiranga	C	0,5	4,4	0,17	0,004	10,73	5,49	6,1	9,2	25,8	0,011	0,005	36	52	2	0	10	0	0
Arm. Mendes	C	1,2	21,0	0,05	0,013	13,01	6,47	5,9	46,3	27,3	0,001	0,030	16	14	2	8	48	12	0
Acará2	C	2,0	9,1	0,29	0,053	18,24	4,99	6,4	8,0	26,8	0,018	0,003	54	12	4	10	0	20	0
Esc. Agrotécnica	C	1,3	13,9	0,06	0,011	18,96	5,49	5,3	32,5	26,4	0,076	0,008	0	13	5	83	0	0	0
SESI	C	0,6	5,2	0,14	0,004	12,62	5,15	6,6	17,0	28,0	0,051	0,028	10	0	10	72	8	0	0
INFRAERO 3	A	2,0	21,6	0,16	0,067	21,56	6,30	6,3	17,6	25,9	0,074	0,065	0	37	0	0	63	0	0
Samaúma	A	2,0	9,4	0,16	0,031	11,97	6,19	3,1	123,0	25,9	3,792	0,046	86	4	6	4	0	0	0
CIGS	A	0,8	10,4	0,05	0,004	15,20	6,95	2,5	237,7	26,7	3,983	0,156	78	12	0	10	0	0	0
Coca-Cola	A	2,3	16,3	0,20	0,075	16,98	6,66	4,2	104,0	26,4	2,261	0,217	84	0	0	4	12	0	0
Tarumã	A	4,6	18,7	0,34	0,294	21,61	6,82	7,0	50,3	29,6	0,646	0,079	92	8	0	0	0	0	0
MINDU	A	1,0	14,7	0,15	0,022	13,24	6,76	1,9	161,2	27,0	0,181	0,042	66	0	0	26	8	0	0

LAG= Largura; PRO=Profundidade; VEL=Velocidade de corrente; VAZ= Vazão; DOS=Dossel; pH=Potencial Hidrogeniônico; O_2= Oxigênio dissolvido; COD= Condutividade elétrica; TEM=Temperatura da água; AMÔ=Amônia; NIT=Nitrito; ARE=Areia; ARG= Argila; TRO= Tronco; LIT= Liteira; RAI= Raízes; MAC= Macrófitas e SEI=seixo.

4.2 Assembléias ictíicas

Nos igarapés dos 15 fragmentos florestais urbanos estudados, foram capturados 3577 peixes pertencentes a 41 espécies, seis ordens e 12 famílias (Tabela 3). A ictiofauna nos igarapés conservados foi dominada por Characiformes (13 espécies, 41,9%) e Perciformes (11 spp., 35,5%), seguido de Cyprinodontiformes (3 spp., 9,7%), Siluriformes (2 spp., 6,5%), Gymnotiformes (1 sp., 3,2%) e Synbranchiformes (1 sp., 3,2%). Já nos igarapés alterados, a ictiofauna foi dominada por Siluriformes (7 espécies, 36,8%), seguido de Perciformes (5 spp., 26,3%), Cyprinodontiformes (3 spp., 15,8%), Characiformes (3 spp., 15,8%), e Gymnotiformes (1 sp., 5,3%) (Figura 6). Em geral, os Cyprinodontiformes constituíram o grupo de maior abundância (61,4% dos exemplares coletados), seguidos por Characiformes (25,7%), Perciformes (6,4%), Siluriformes (6,3%), Synbranchiformes (0,08%) e Gymnotiformes (0,06%).

Para os igarapés conservados, as famílias mais representativas, em termos de espécies, foram Cichlidae (35,5%), Characidae (19,4%) e Lebiasinidae (16,1%); enquanto que, nos igarapés alterados, foram Cichlidae (26,3%), Callichthyidae (21,1%) e Loricariidae (15,8%). No total as famílias Poeciliidae (53,1%), Lebiasinidae (16,7%) e Rivulidae (8,4%) somaram juntas 78,1% de todos os exemplares capturados.

Espécies exóticas como o lebistes, *Poecilia reticulata* (Poeciliidae), e a tilápia *Oreochromis niloticus* (Cichlidae), foram bastante abundantes e ocorreram em cinco dos seis igarapés dos fragmentos alterados.

As espécies *Rivulus compressus* (20,4%), *Nannostomus beckfordi* (18,3%), *Hyphessobrycon melazonatus* (11,6%) e *Copella nigrofasciata* (11,6%) foram as mais

abundantes nos igarapés dos fragmentos conservados (Figura 7a). No entanto, para os igarapés dos fragmentos alterados, *Poecilia reticulata* representou 85% da abundância total, seguido de *Ancistrus* sp. (4,3%), *Liposarcus pardalis* (2,5%) e *Oreochromis niloticus* (1,4%) (Figura 7b).

Vinte espécies tiveram abundância entre 1 e 20 exemplares; destas, doze foram capturadas exclusivamente nos igarapés dos fragmentos conservados, quatro apenas nos igarapés alterados, e outras quatro em ambos os tipos de igarapés (conservados e alterados). Quase todas essas espécies apresentaram a maior parte dos exemplares coletados em apenas um ou dois fragmentos.

A densidade média em número de exemplares por igarapé foi de 10 peixes/m^3 (±13,77 DP). As maiores densidades (ind./m^3) foram encontradas tanto nos igarapés conservados (SESI =47,5 ex./m^3 e Acará 2=13,6 ex./m^3) quanto nos alterados (CIGS =35,0 ex./m^3 e Samauma =16,3 ex./m^3) (Tabela 4).

O peso total de peixes capturados somou 4.915,8 g. A densidade média em biomassa por igarapé foi de 14 g/m^3 ±17,05 DP. As maiores densidades em biomassa foram encontradas tanto em fragmentos conservados (SESI =43,6 g/m^3 e Nascente Ipiranga =42,7 g/m^3) como em alterados (Mindu =50,9 g/m^3 e Samauma =15,0 g/m^3) (Tabela 4). Os peixes da ordem Perciformes foram responsáveis por 35,9% da biomassa capturada, seguidos por Characiformes 26,9%, Siluriformes 23,2%, Cyprinodontiformes 7,7%, Gymnotiformes 6,1% e Synbranchiformes 0,2%. As espécies mais representativas em densidade em biomassa foram *Aequidens pallidus* (0,98 g/m^3), *Oreochromis niloticus* (0,84 g/m^3), *Hoplosternum littorale* (0,70 g/m^3) e *Hoplias malabaricus* (0,61 g/m^3), que juntas representaram 45,9% da biomassa total e 3,13 g/m^3 (Tabela 6).

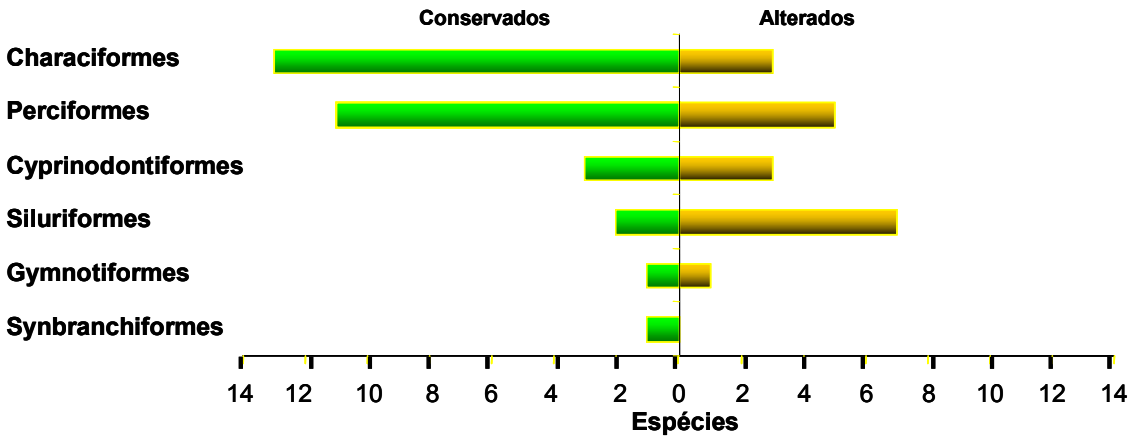


Figura 6- Representação do número de espécies de peixes por Ordem, capturadas nos fragmentos com igarapés conservados e alterados.

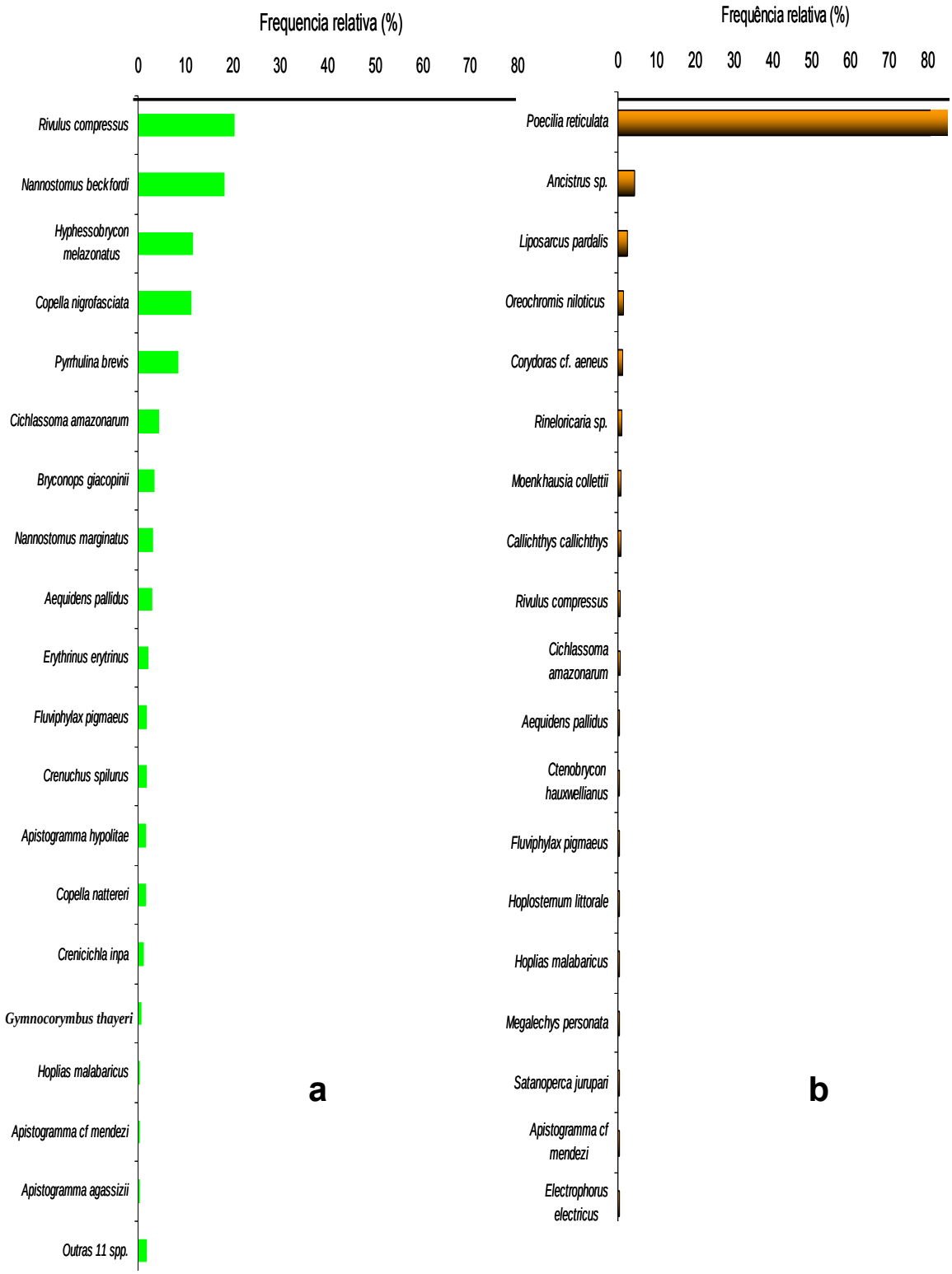


Figura 7- Abundância relativa das espécies de peixes capturadas nos igarapés conservados (**a**) e alterados (**b**).

Tabela 3- Composição da ictiofauna capturada nos 15 fragmentos florestais urbanos estudados em Manaus, e número de exemplares coletados por trecho de 200m de igarapé. C1= UFAM, C2= INFRAERO 1, C3 = INFRAERO 2, C4= Acará 1, C5= Nascente Ipiranga, C6= Armando Mendes., C7= Acará 2, C8= Escola Agrotécnica, C9= SESI, A1= INFRAERO 3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4= Coca Cola, A5= Tarumã e A6= Mindu.

	Fragmentos conservados									Fragmentos alterados						
ORDEM/ Família/ espécie	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A4**	**A6**	**Total**
CHARACIFORMES																
Characidae																
Bryconops giacopinii			1	6			43									**50**
Ctenobrycon hauxwellianus															9	**9**
Gymnocorymbus thayeri								12								**12**
Hemigrammus levis								1								**1**
Hyphessobrycon melazonatus	9			2			150									**161**
Moenkhausia collettii										19						**19**
Paracheirodon simulans				1												**1**
Crenuchidae																
Crenuchus spilurus	11			13			4									**28**
Erythrinidae																
Erythrinus erytrinus	2	6	2		17				4							**31**
Hoplias malabaricus			1	2		1	2	1			1		1			**9**
Lebiasinidae																
Copella nattereri				5			18	2								**25**
Copella nigrofasciata	48			32		56			20							**156**
Nannostomus beckfordi				6			247									**253**
Nannostomus marginatus				40			5									**45**
Pyrrhulina brevis	10	53	5	4				30	17							**119**
SILURIFORMES																
Callichthyidae																
Callichthys callichthys									4		18					**22**
Corydoras cf. aeneus											21				7	**28**
Hoplosternum littorale															3	**3**
Megalechis personata						1					2					**3**
Loricariidae																
Liposarcus pardalis											11		38	1	5	**55**
Ancistrus sp.											94					**94**
Rineloricaria sp.											20				2	**22**

Tabela 3 (**Continuação**)- Composição da ictiofauna capturada nos 15 fragmentos florestais urbanos estudados em Manaus, e número de exemplares coletados por trecho de 200m de igarapé. C1= UFAM, C2= INFRAERO 1, C3 = INFRAERO 2, C4= Acará 1, C5= Nascente Ipiranga, C6= Armando Mendes., C7= Acará 2, C8= Escola Agrotécnica, C9= SESI, A1= INFRAERO 3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4= Coca-Cola, A5= Tarumã e A6= Mindu.

	Fragmentos conservados									Fragmentos alterados						
ORDEM/ Família/ espécie	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**Total**
GYMNOTIFORMES																
Gymnotidae																
Electrophorus electricus															1	**1**
Gymnotus cf. stenoleucus	1															**1**
CYPRINODONTIFORMES																
Poeciliidae																
Fluviphylax cf. *pigmaeus*								28						4		**32**
Poecilia reticulata											447	560	737		122	**1866**
Rivulidae																
Rivulus compressus	4	1	15		2	17		2	242	2			11			**296**
Rivulus obscurus				3												**3**
SYNBRACHIFORMES																
Synbranchidae																
Synbranchus cf. marmoratus	1							2								**3**
PERCIFORMES																
Cichlidae																
Acaronia nassa						1		3								**4**
Aequidens pallidus	3	1	8			11	7	6	7					11		**54**
Apistogramma agassizii	6															**6**
Apistogramma cf. mendezi				6										1		**7**
Apistogramma hippolytae				7			18									**25**
Cichlasoma amazonarum						5		57			7			3	2	**74**
Crenicichla inpa	1		3			11		2								**17**
Laetacara cf thayeri							1									**1**
Mesonauta insignis							3									**3**
Oreochromis niloticus													1	27	2	**30**
Satanoperca jurupari								3						2		**5**
Taeniacara candidi								3								**3**
Total	**96**	**61**	**35**	**127**	**19**	**103**	**498**	**152**	**294**	**21**	**621**	**560**	**788**	**49**	**153**	**3577**

Tabela 4- Valores de peso (g), densidade em biomassa (g/m^3) e densidade de exemplares (ind./m^3) de peixes capturados nos 15 igarapés dos diferentes fragmentos de Manaus (A= alterado; C= conservado).

Fragmento	Estado de conservação	Peso (g)	Dens. em biomassa (g/m^3)	Dens. Indivíduos (ind/m^3)
UFAM	C	84,6	1,6	1,8
INFRAERO 1	C	68,7	3,1	2,8
INFRAERO 2	C	599,5	8,9	0,5
Acará 1	C	257,5	10,1	5,0
Nasc. Ipiranga	C	191,8	42,7	4,2
Armando Mendes	C	210,9	4,0	2,0
Acará 2	C	462,3	12,6	13,6
Escola Agrotécnica	C	186,9	5,3	4,3
SESI	C	269,8	43,6	47,5
INFRAERO 3	A	27,3	0,3	0,2
Samaúma	A	572,3	15,0	16,3
CIGS	A	93,2	5,8	35,0
Coca-Cola	A	378,1	5,1	10,6
Tarumã	A	53,1	0,3	0,3
Mindu	A	1460,3	50,9	5,3

4.2.1 Índices ictiofaunísticos

Os fragmentos que apresentaram maiores valores de riqueza de espécies (Escola Agrotécnica, 14 spp.; Acará 1, 13 spp.) também tiveram os maiores valores de diversidade (H'=1,85 e H'=2,03, respectivamente). Por outro lado, alguns fragmentos apresentaram poucas espécies e um valor de diversidade bastante reduzido, como é o caso dos fragmentos INFRAERO 3 (2 spp.; H'= 0,31), Nascente do Ipiranga (2 spp., H'=0,33) e CIGS (1 sp; H'=0) (Tabela 5).

A equitabilidade variou muito entre os fragmentos e apresentou menores valores no INFRAERO 1 (E=0,35), Coca-Cola (E=0,18) e CIGS (E=0). Nesses fragmentos também foram encontrados os maiores valores de dominância CIGS (d=1,0), Coca-Cola (d=0,94) e INFRAERO 3 (d=0,90) (Tabela 5).

Nenhuma espécie foi tão freqüente a ponto de ocorrer em todos os fragmentos. *Rivulus compressus* (nove fragmentos; 60% de ocorrência), *Aequidens pallidus* (oito; 53,3%), *Hoplias malabaricus* (sete; 46,7%) e *Pyrrhulina brevis* (seis; 40%) foram as mais freqüentes (Tabela 6).

Das 41 espécies capturadas, 14 (34,14%) ocorreram em somente um fragmento; 12 (29,26%) ocorreram em dois fragmentos; 5 (12,19%) ocorreram em três fragmentos; 4 (9,75%) ocorreram em quatro fragmentos; 2 (4,87%) ocorreram em cinco fragmentos e somente 4 (9,75%) espécies foram encontradas em mais de cinco fragmentos (Figura 8).

Dentre os fragmentos com igarapés conservados, o da Escola Agrotécnica, teve o maior número de espécies de ocorrência única, com uma riqueza de 14 espécies, três das quais foram encontradas somente nele (*Gymnocorymbus thayeri, Hemigrammus levis* e *Taeniacara candidi*). Em seguida ficaram os fragmentos da

UFAM (11 spp., duas espécies únicas: *Gymnotus* cf. *stenoleucus*, *Apistogramma agassizi*); Acará 1 (13 spp., duas únicas: *Paracheirodon simulans* e *Rivulus obscurus*) e Acará 2 (11 spp., duas únicas: *Laetacara* cf. *thayeri* e *Mesonauta insignis*). Em relação aos fragmentos com igarapés alterados, o do Mindu, teve o maior número de espécies de ocorrência única (três de 9 espécies: *Ctenobrycon hauxwellianus*, *Hoplosternum littorale*, *Electrophorus electricus*). Em seguida ficaram os fragmentos INFRAERO 3 (2 spp.) e Samauma (9 spp.) com uma espécie única cada, (*Moenkhausia collettii* e *Ancistrus* sp., respectivamente).

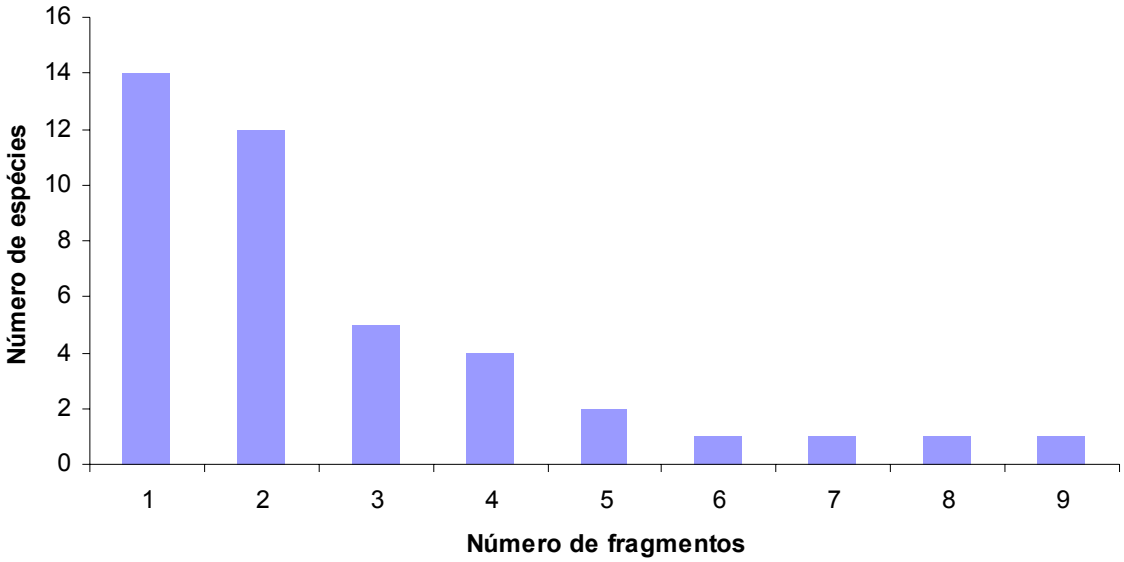


Figura 8- Ocorrência das espécies de peixes de acordo com o número de fragmentos em que foram encontradas.

A distribuição de muitas espécies parece estar relacionada com o tipo de ambiente. Entre as espécies registradas, 22 foram encontradas apenas nos igarapés conservados, enquanto que 10 ocorreram apenas nos igarapés alterados e nove foram encontradas em ambos os ambientes. Dentre as espécies encontradas nos igarapés conservados, destacam-se *Bryconops giacopinii*, *Hyphessobrycon*

melazonatus, Crenuchus spilurus, *Erythrinus erythrinus*, *Copella nattereri*, *Copella nigrofasciata*, *Pyrrhulina brevis* e *Crenicichla inpa*, que ocorreram em três ou mais fragmentos. Das espécies encontradas nos igarapés alterados, destacam-se *Liposarcus pardalis*, *Poecilia reticulata* e *Oreochromis niloticus*, que ocorreram em três ou mais fragmentos. Em relação às espécies encontradas em ambos os ambientes, destacaram-se *Hoplias malabaricus*, que ocorreu em 5 igarapés conservados e 2 alterados, *Rivulus compressus*, presente em sete igarapés conservados e dois alterados, *Aequidens pallidus*, sete conservados e um alterado, e *Cichlasoma amazonarum*, coletado em dois igarapés conservados e três alterados.

A riqueza de espécies estimada pelo método Jackknife para os 15 fragmentos variou de 1 (CIGS) a 21,5 (Escola Agrotécnica). A comparação entre os valores de riqueza observada e estimada para cada trecho de igarapé (Tabela 5) indica que as amostragens capturaram algo entre 57,1% e 100,0% da riqueza esperada para aqueles locais.

Não houve diferenças significativas da riqueza de espécies (Kruskal-Wallis H= 6,583; p=0,086) ou da densidade em biomassa (g/m^3) (Kruskal-Wallis H= 7,497; p=0,058) de peixes entre as microbacias do Quarenta, Mindu, Tarumã e Puraquequara. No entanto, a diferença foi significativa para os valores de densidade em número de exemplares, sendo encontrado o maior valor na microbacia do Mindu (26,0 ex./m^3), e os mais baixos nas microbacias do Tarumã (5,4 ex./m^3), Puraquequara (4,2 ex./m^3) e Quarenta (1,7 ex./m^3) (Kruskal-Wallis H= 9,163; p=0,027).

Tabela 5- Parâmetros da estrutura das assembléias de peixes nos 15 fragmentos florestais urbanos estudados (A= alterado; C= conservado).

Fragmentos	Estado de Conservação	Riqueza S	Jakknife Ŝ	Abundância N	Dominância d	Diversidade H'	Equitabilidade E
UFAM	C	11	14,0	96	0,50	1,69	0,70
INFRAERO 1	C	4	5,5	61	0,87	0,49	0,35
INFRAERO 2	C	7	8,5	35	0,43	1,56	0,80
Acará 1	C	13	18,3	127	0,32	2,03	0,79
Nasc. Ipiranga	C	2	3,5	19	0,89	0,34	0,49
Arm. Mendes	C	8	10,3	103	0,54	1,39	0,67
Acará 2	C	11	13,3	498	0,50	1,37	0,57
Esc. Agrotécnica	C	14	21,5	152	0,38	1,85	0,70
SESI	C	6	6,0	294	0,82	0,71	0,40
INFRAERO 3	A	2	2,8	21	0,90	0,31	0,45
Samaúma	A	9	9,8	621	0,72	1,00	0,46
CIGS	A	1	1,0	560	1,00	0,00	0,00
Coca-cola	A	5	6,5	788	0,94	0,29	0,18
Tarumã	A	7	10,8	49	0,55	1,33	0,68
MINDU	A	9	14,3	153	0,80	0,88	0,40

Tabela 6- Número de fragmentos em que a espécie ocorreu (N e %), peso (g), densidade em biomassa (g/m^3) e densidade em n° de exemplares (ex./m^3) para cada espécie coletada nos igarapés dos fragmentos florestais urbanos de Manaus. F O= frequência de ocorrência.

Espécies	Ocorrência	F. O (%)	Peso	Dens. em biomassa	Dens. No. exemplares
Acaronia nassa	2	13,33	15,72	0,022	0,006
Aequidens pallidus	8	53,33	705,01	0,982	0,075
Ancistrus sp.	1	6,67	291,34	0,406	0,131
Apistogramma agassizii	1	6,67	2,65	0,004	0,008
Apistogramma cf. mendezi	2	13,33	1,21	0,002	0,010
Apistogramma hippolytae	2	13,33	11,79	0,016	0,035
Bryconops giacopinii	3	20,00	282,39	0,393	0,070
Callichthys callichthys	2	13,33	14,49	0,020	0,031
Cichlasoma amazonarum	5	33,33	349,08	0,486	0,103
Copella nattereri	3	20,00	7,32	0,010	0,035
Copella nigrofasciata	4	26,67	43,64	0,061	0,217
Corydoras cf. aeneus	2	13,33	30,51	0,043	0,039
Crenicichla inpa	4	26,67	24,62	0,034	0,024
Crenuchus spilurus	3	20,00	16,38	0,023	0,039
Ctenobrycon hauxwellianus	1	6,67	30,00	0,042	0,013
Electrophorus electricus	1	6,67	300,00	0,418	0,001
Erythrinus erythrinus	5	33,33	250,19	0,349	0,043
Fluviphylax pigmaeus	2	13,33	1,38	0,002	0,045
Gymnocorymbus thayeri	1	6,67	8,53	0,012	0,017
Gymnotus cf. stenoleucus	1	6,67	0,06	0,000	0,001

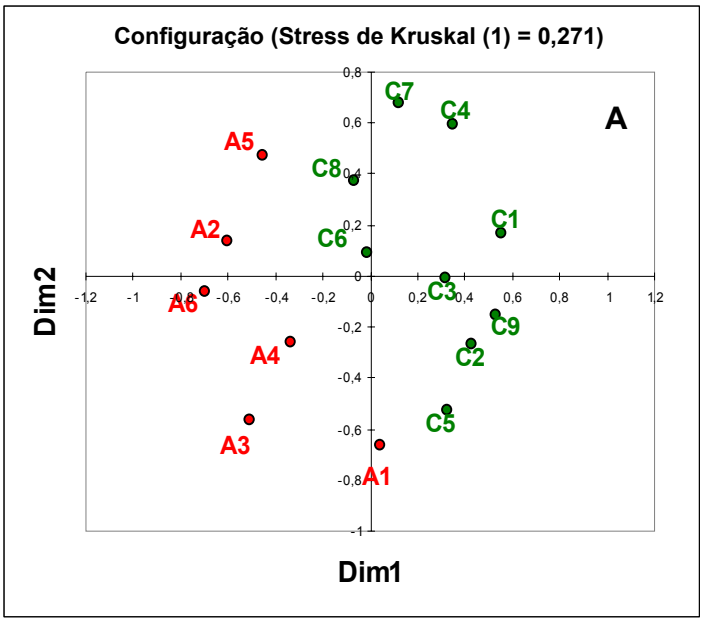
Tabela 6 (**Continuação**) Número de fragmentos em que a espécie ocorreu (N e %), peso (g), densidade em biomassa (g/m^3) e densidade em n° de exemplares para cada espécies coletadas nos igarapés dos fragmentos florestais urbanos de Manaus. F O= frequência de ocorrência

Espécies	Ocorrência	F. O (%)	Peso	Dens. em biomassa	Dens. No. exemplares
Hemigrammus levis	1	6,67	0,01	0,000	0,001
Hoplias malabaricus	7	46,67	440,09	0,613	0,013
Hoplosternum littorale	1	6,67	505,72	0,705	0,004
Hyphessobrycon melazonatus	3	20,00	61,31	0,085	0,224
Laetacara cf. thayeri	1	6,67	4,31	0,006	0,001
Liporsarcus pardalis	4	26,67	194,13	0,270	0,077
Megalechis personata	2	13,33	64,32	0,090	0,004
Mesonauta inignis	1	6,67	17,72	0,025	0,004
Moenkhausia collettii	1	6,67	27,22	0,038	0,026
Nannostomus beckfordi	2	13,33	72,81	0,101	0,352
Nannostomus marginatus	2	13,33	5,66	0,008	0,063
Oreochromis niloticus	3	20,00	607,73	0,847	0,042
Paracheirodon simulans	1	6,67	0,06	0,000	0,001
Poecilia reticulata	4	26,67	232,20	0,324	2,600
Pyrrhulina brevis	6	40,00	75,82	0,106	0,166
Rineloricaria sp.	2	13,33	41,76	0,058	0,031
Rivulus compressus	9	60,00	146,30	0,204	0,412
Rivulus obscurus	1	6,67	0,29	0,000	0,004
Satanoperca jurupari	2	13,33	22,87	0,032	0,007
Synbranchus cf. marmoratus	2	13,33	8,37	0,012	0,004
Taeniacara candidi	1	6,67	0,76	0,001	0,004
Total			**4915,77**	**6,849**	**4,984**

4.2.2 Variação na composição da ictiofauna nos igarapés dos fragmentos urbanos

Os resultados da análise de ordenação (MDS) com base nos dados de abundância e presença-ausência indicaram a existência de dois grupos de igarapés. Os dois primeiros eixos do MDS conseguiram capturar grande parte da variação dos dados originais de composição das assembléias de peixes, como indicado pelos valores de configuração (Stress de Kruskal). As análises, tanto com dados qualitativos (presença-ausência, índice de Jaccard) quanto quantitativos (abundância, índice de Bray Curtis), evidenciam um gradiente relacionado ao grau de integridade ambiental dos igarapés nos fragmentos. O padrão gerado para os dados de presença-ausência de espécies mostra uma separação de igarapés em função da heterogeneidade ictiofaunística (principalmente ao longo do eixo 1), onde os igarapés conservados apresentaram maior similaridade na composição da ictiofauna, separados dos igarapés alterados, menos similares entre si (Figura 9a; Tabela 7). De forma semelhante, os dados de abundância indicam uma separação de igarapés conservados e alterados (principalmente ao longo do eixo 2) (Figura 9b; Tabela 7).

Os dados de densidade em número de exemplares (exemplares/m^3) e densidade em biomassa (g/m^3) também evidenciaram uma separação dos igarapés conservados e alterados. Neste caso, igarapés alterados apresentaram maior uniformidade, enquanto que os conservados exibiam maiores variações em densidade (biomassa e número de exemplares) (Figura 10a-b).



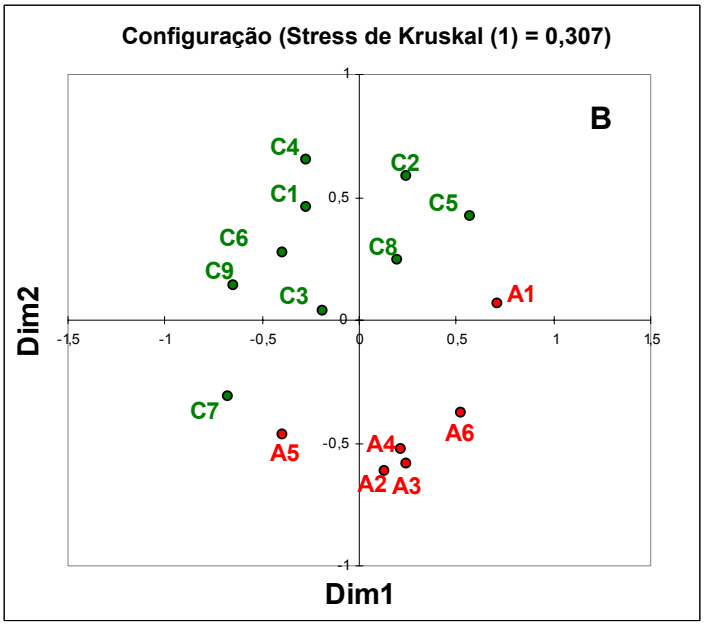
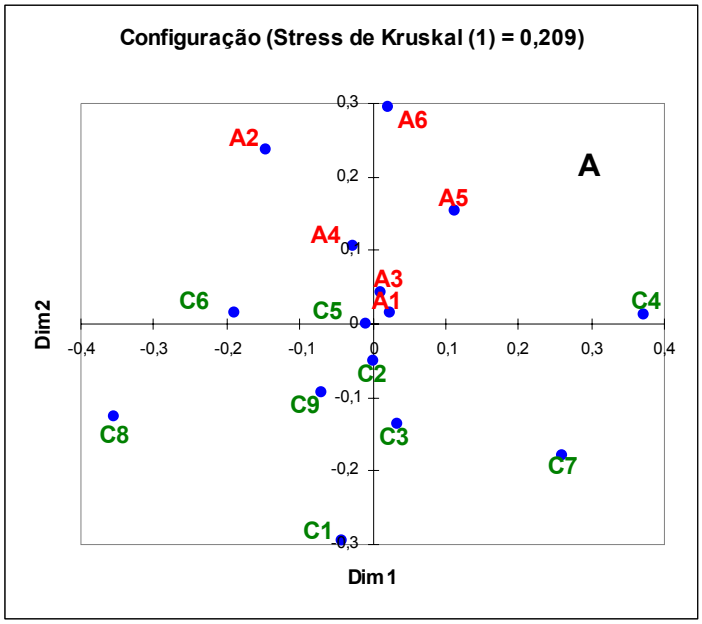


Figura 9- Ordenação por meio de Escalonamento multidimensional (MDS) dos dados referentes a presença-ausência (A) e abundância (B) de espécies de peixes capturados em igarapés dos fragmentos urbanos de Manaus.

As siglas referem-se aos fragmentos conservados (C) e alterados (A): C1=UFAM, C2=INFRAERO 1, C3 =INFRAERO 2, C4=Acará 1, C5=Nascente Ipiranga, C6=Armando Mendes., C7=Acará 2, C8=Escola Agrotécnica, C9=SESI, A1=INFRAERO 3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4=Coca-Cola, A5= Tarumã e A6= Mindu.



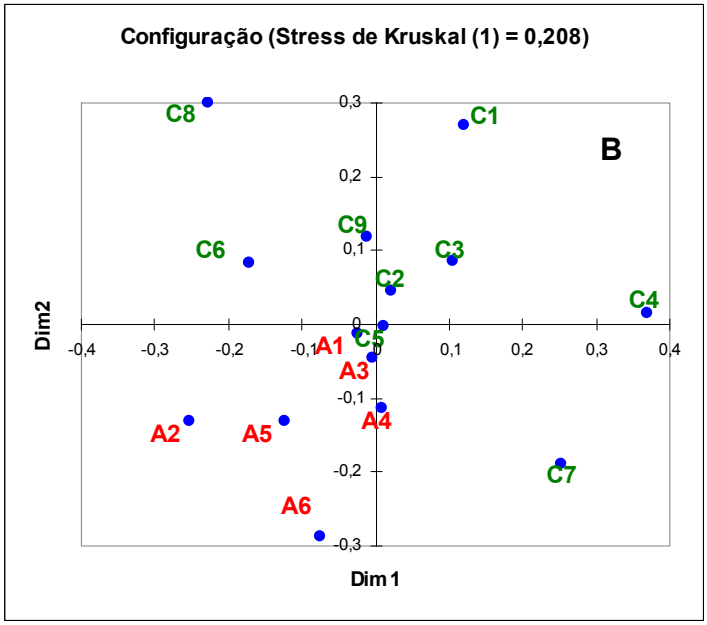


Figura 10- Ordenação por meio de Escalonamento multidimensional (MDS) dos dados referentes a densidade em número de exemplares (A) e densidade em biomassa (B) de espécies de peixes capturados em igarapés dos fragmentos urbanos de Manaus.

As siglas referem-se aos fragmentos conservados (C) e alterados (A): C1=UFAM, C2=INFRAERO 1, C3 =INFRAERO 2, C4=Acará 1, C5=Nascente Ipiranga, C6=Armando Mendes., C7=Acará 2, C8=Escola Agrotécnica, C9=SESI, A1=INFRAERO 3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4=Coca-Cola, A5= Tarumã e A6= Mindu.

Tabela 7- Valores dos eixos 1 e 2 (Dim 1 e Dim 2) das análises de MDS para os dados quantitativos (abundância), qualitativos (Presença-ausência), densidade em número de exemplares e densidade em biomassa.

	Bray Curtis		Presença-ausência		Dens. (ex./m^3)		Dens. (g/m^3)	
	Dim1	**Dim2**	**Dim1**	**Dim2**	**Dim1**	**Dim2**	**Dim1**	**Dim2**
C1	-0,275	0,458	0,555	0,171	-0,041	-0,295	0,120	0,269
C2	0,246	0,589	0,429	-0,266	0,002	-0,050	0,021	0,046
C3	-0,185	0,036	0,317	-0,012	0,033	-0,135	0,105	0,086
C4	-0,272	0,652	0,349	0,592	0,371	0,013	0,371	0,015
C5	0,567	0,420	0,329	-0,530	-0,009	0,001	0,011	-0,003
C6	-0,390	0,274	-0,015	0,088	-0,188	0,015	-0,172	0,082
C7	-0,675	-0,310	0,126	0,678	0,260	-0,178	0,252	-0,189
C8	0,199	0,248	-0,067	0,370	-0,355	-0,127	-0,228	0,300
C9	-0,646	0,142	0,529	-0,152	-0,070	-0,093	-0,012	0,117
A1	0,709	0,069	0,043	-0,665	0,025	0,015	-0,023	-0,013
A2	0,127	-0,616	-0,602	0,137	-0,147	0,236	-0,253	-0,132
A3	0,241	-0,589	-0,509	-0,562	0,012	0,044	-0,004	-0,045
A4	0,220	-0,528	-0,334	-0,260	-0,025	0,107	0,010	-0,114
A5	-0,390	-0,467	-0,449	0,476	0,113	0,154	-0,124	-0,132
A6	0,523	-0,378	-0,700	-0,065	0,021	0,294	-0,075	-0,286

As siglas referem-se aos fragmentos conservados (C) e alterados (A): C1=UFAM, C2=INFRAERO 1, C3 =INFRAERO 2, C4=Acará 1, C5=Nascente Ipiranga, C6=Armando Mendes., C7=Acará 2, C8=Escola Agrotécnica, C9=SESI, A1=INFRAERO 3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4=Coca Cola, A5= Tarumã e A6= Mindu.

4.3 Relações entre características ambientais e a composição da ictiofauna

Na análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais (características estruturais dos igarapés, físico-químicas e frequência de ocorrência de sete substratos), obtivemos 24 resultados significativos, demonstrando um alto nível de co-variação entre estes fatores (Tabela 8). Assim, em função do elevado índice de auto-correlação entre as variáveis, e para evitar problemas de colinearidade nas análises com as assembléias de peixes, foi realizada uma ordenação (Análise de Componentes Principais) para representar o conjunto de variáveis ambientais.

O componente principal 1 (PC 1) foi influenciado principalmente pelos substratos tronco e liteira, que variaram opostamente ao pH, nitrito, condutividade e areia, explicando 30,19% da variância (Figura 11a e Tabela 9). Esses seis parâmetros juntos foram os principais responsáveis pela junção dos igarapés conservados encontrados nos fragmentos florestais da UFAM, INFRAERO 1 e 2, SESI, Escola Agrotécnica, Nascente do Ipiranga, Armando Mendes e Acará 1 e 2 (Figura 11b e Tabela 10). Nesses igarapés, as porcentagens de liteira e tronco foram geralmente altas, coincidindo com valores mais baixos de pH, nitritos, condutividade e porcentagem de areia.

O componente principal 2 (PC 2) foi representado principalmente pela condutividade elétrica e amônia, que variaram opostamente ao oxigênio dissolvido. Parâmetros físicos ligados à hidráulica como largura, velocidade de corrente e vazão também foram influentes, explicando juntos 21,34% da variância (Figura 11a e Tabela 9). A variação desses fatores foi responsável pela segregação de grande

parte dos igarapés alterados encontrados nos fragmentos florestais do CIGS, INFRAERO 3, Samauma, Coca-Cola, Tarumã e Mindu (Figura 11b e Tabela 10). Nos igarapés alterados, os valores de condutividade elétrica, amônia, largura e vazão foram os maiores encontrados, enquanto que os teores de oxigênio dissolvido foram os mais baixos.

Para verificar a possível relação entre as variáveis ambientais (representadas pelos eixos 1 e 2 da PCA) com a composição de espécies (representada pelos eixos 1 e 2 do MDS), foram calculadas regressões lineares entre o primeiro e o segundo eixos das duas análises. Houve relações significativas entre as características ambientais dos igarapés (PC1) e a composição de espécies de peixes (presença-ausência; F= 35,81; p= <0,0001; R= 0,857), bem como com a abundância de peixes (F=34,57; P=<0,0001; R=0,852) e densidade em biomassa (F= 7,708; p= 0,016; R= 0,610). A densidade em número de exemplares apresentou relação negativa e significativa com as variáveis ambientais (PC1; F= 10,14; p= 0,007; R= -0,662) (Figura 12a-d).

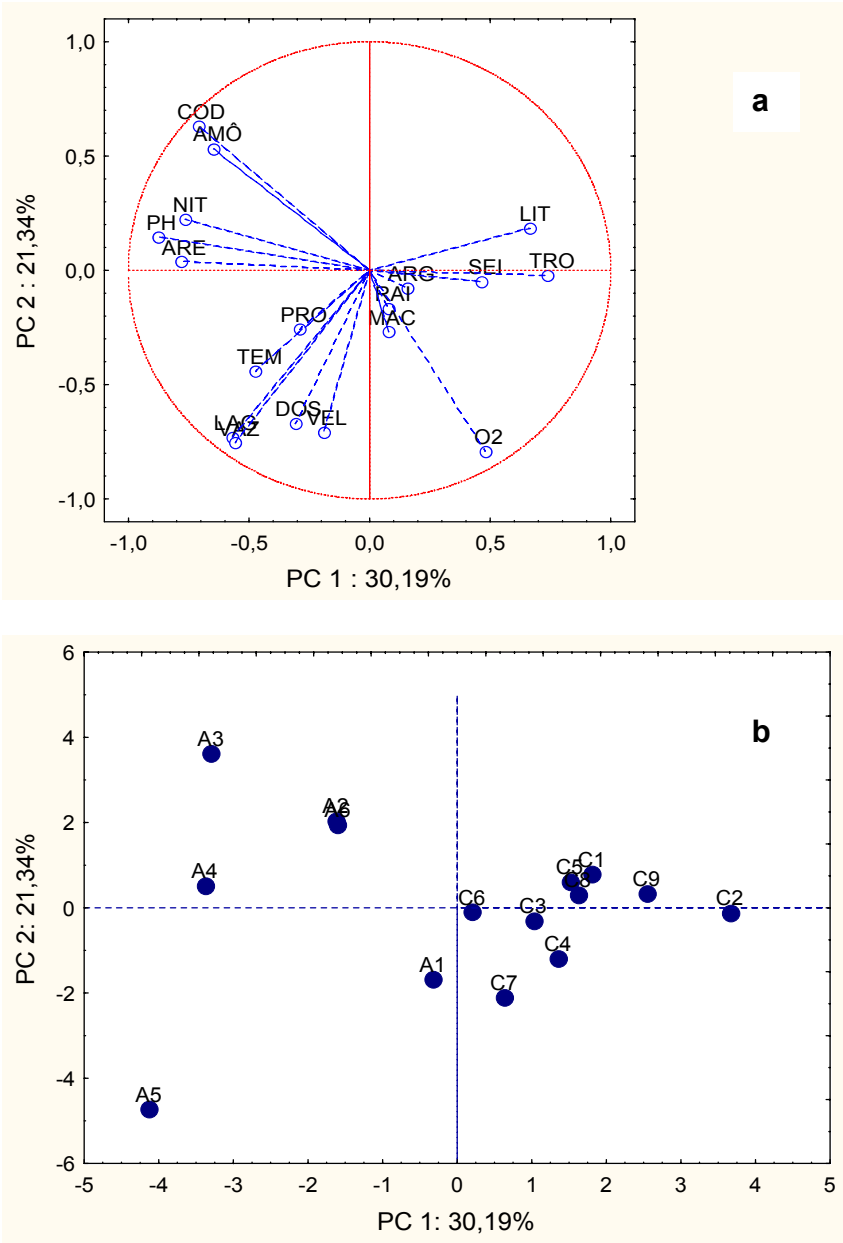


Figura 11- Análise de Componentes Principais (PC1 e PC2) mostrando as projeções das variáveis ambientais, físico-químicas e freqüência de ocorrência dos substratos (**a**), e as ordenações dos pontos de coletas dos igarapés conservados (C) e alterados (A) (**b**).

As linhas pontilhadas representam os autovetores. LIT=Liteira, TRO=Tronco, SEI=Seixo, ARG=Argila, MAC=Macrófita, RAI=Raiz, ARE=Areia, VEL =Velocidade de corrente (m/s), DOS=Abertura do Dossel (%), VAZ= Vazão (m^3/s), LAG= Largura do canal (m), O2=Oxigênio dissolvido (mg/l), TEM= Temperatura da água (^oC), PRO= Profundidade (cm), PH=Potencial Hidrogeniônico, NIT= Nitrito (mg/l), AMÔ= Amônia (mg/l) e CON= Condutividade elétrica (µS). C1=UFAM, C2= INFRAERO1, C3=INFRAERO2, C4= Acará1, C5= Nasc. Ipiranga, C6= Armando Mendes, C7= Acará2, C8= Esc. Agrotécnica, C9= SESI, A1= INFRAERO3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4= Coca-Cola, A5= Tarumã e A6=Mindu.

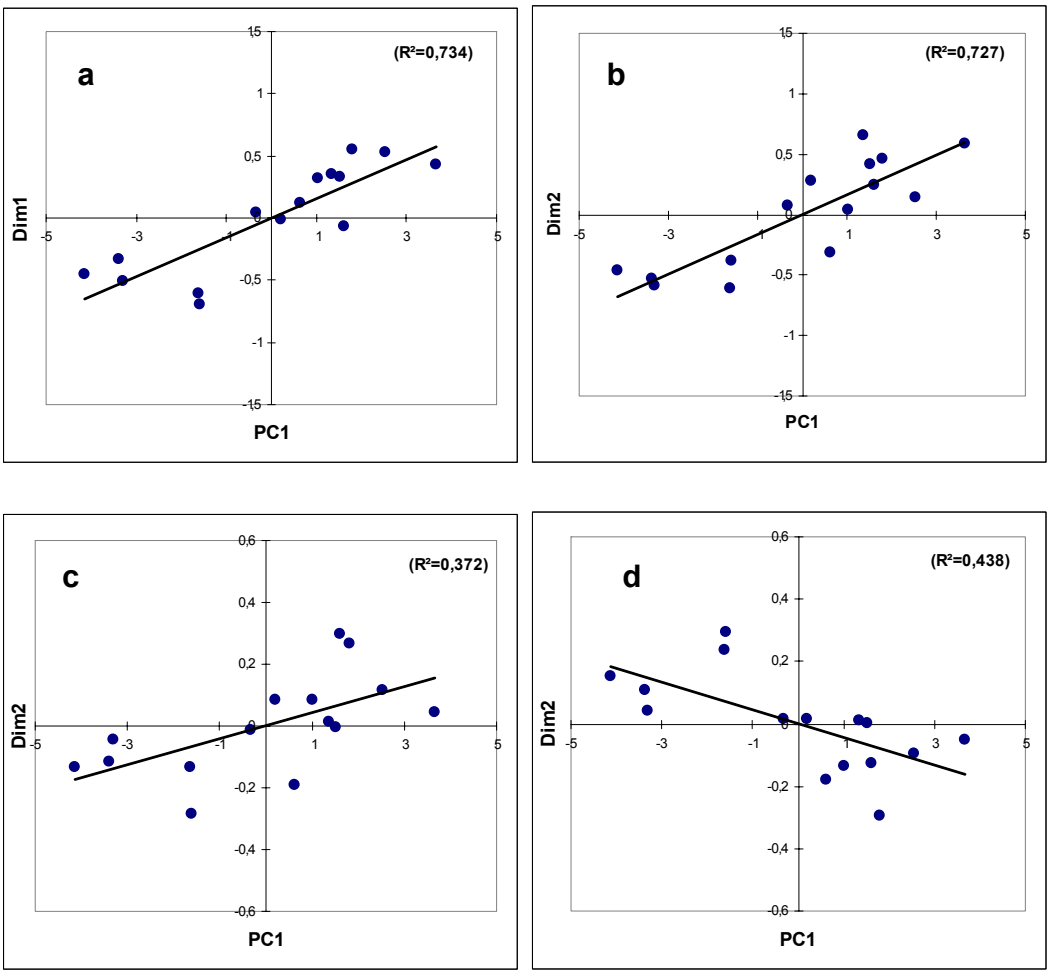


Figura 12- Regressão entre o eixo 1 da PCA (representando as variáveis ambientais) e o eixo 1 da ordenação (MDS) para os dados de presença-ausência das espécies de peixes (**a**), e entre o eixo 1 da PCA com eixo 2 MDS para os dados de abundância de peixes (**b**), densidade em biomassa (**c**) e densidade em número de exemplares (**d**).

Tabela 8- Correlações de Pearson entre as variáveis ambientais medidas nos igarapés dos fragmentos urbanos de Manaus.Valores em negrito indicam correlações estatisticamente significativas.

Variáveis	LAG	PRO	VEL	VAZ	DOS	PH	O_2	COD	TEM	AMÔ	NIT	Categorias de substratos (%)						
	(m)	(cm)	(m/s)	(m^3/s)	(%)		(mg/l)	(µS)	(ºC)	(mg/l)	(mg/l)	ARE	ARG	TRO	LIT	RAI	MAC	SEI
LAG(m)	**1**																	
PRO(cm)	0,412	**1**																
VEL(m/s)	**0,631**	-0,205	**1**															
VAZ(m^3/s)	**0,946**	0,348	**0,653**	**1**														
DOS (%)	**0,645**	0,283	0,473	**0,605**	**1**													
PH	0,347	0,406	-0,160	0,352	0,187	**1**												
O_2(mg/l)	0,269	-0,004	0,400	0,317	0,363	-0,505	**1**											
COD(µS)	-0,072	-0,039	-0,283	-0,067	-0,130	**0,715**	**-0,877**	**1**										
TEM(ºC)	**0,529**	0,064	0,307	**0,666**	0,317	0,440	0,174	0,161	**1**									
AMÔ(mg/l)	0,087	-0,159	-0,158	-0,011	-0,111	**0,520**	**-0,657**	**0,797**	-0,006	**1**								
NIT(mg/l)	0,266	0,226	-0,045	0,241	0,203	**0,679**	-0,437	**0,635**	0,169	**0,663**	**1**							
ARE	0,465	-0,159	0,502	0,446	0,083	0,484	-0,453	**0,604**	0,314	**0,639**	**0,529**	**1**						
ARG	-0,146	0,133	-0,194	-0,095	-0,079	0,016	0,272	-0,311	-0,294	-0,244	-0,195	-0,358	**1**					
TRO	-0,289	-0,494	0,114	-0,332	-0,213	**-0,784**	0,383	-0,488	-0,272	-0,253	**-0,541**	-0,314	-0,310	**1**				
LIT	-0,410	-0,123	-0,386	-0,372	-0,220	**-0,559**	0,118	-0,290	-0,123	-0,365	-0,388	**-0,614**	-0,293	**0,578**	**1**			
RAI	-0,071	0,508	-0,241	-0,086	0,160	0,192	0,241	-0,217	-0,112	-0,283	0,008	-0,481	0,359	-0,255	-0,250	**1**		
MAC	0,048	0,003	0,156	-0,046	0,078	-0,144	0,229	-0,190	0,141	-0,204	-0,244	-0,032	-0,011	-0,063	-0,219	0,127	**1**	
SEI	-0,118	-0,246	0,107	-0,112	0,009	-0,477	0,217	-0,231	-0,293	-0,170	-0,230	-0,238	-0,280	**0,531**	0,370	-0,021	-0,121	**1**

LAG= Largura; PRO=Profundidade; VEL=Velocidade de corrente; VAZ= Vazão; DOS=Dossel; PH=Potencial hidrogeniônico; O_2= Oxigênio dissolvido; COD= Condutividade elétrica; TEM=Temperatura da água; AMÔ=Amônia; NIT=Nitrito; ARE=Areia; ARG= Argila; TRO= Tronco; LIT= Liteira; RAI= Raízes; MAC= Macrófitas e SEI=seixo.

Tabela 9- Autovetores dos 18 parâmetros ambientais analisados, para os dois primeiros componentes principais, suas respectivas porcentagens de variância e seus autovalores.

Parâmetros	**PC1**	**PC2**
Largura (m)	-0,570178	-0,729485
Profundidade (cm)	-0,289318	-0,258949
Velocidade de corrente (m/s)	-0,189192	-0,708411
Vazão (m^3/s)	-0,556989	-0,754736
Dossel (%)	-0,307883	-0,670994
PH	-0,878448	0,144167
Oxigênio dissolvido (mg/l)	0,478693	-0,791504
Condutividade (µS)	-0,711275	0,631919
Temperatura (ºC)	-0,472685	-0,443400
Amônia (mg/l)	-0,645227	0,532791
Nitrito (mg/l)	-0,765977	0,223526
Areia	-0,782931	0,037438
Argila	0,156784	-0,078497
Tronco	0,736370	-0,019881
Liteira	0,666640	0,183050
Raiz	0,078150	-0,165849
Macrófita	0,079345	-0,269568
Seixo/pedra	0,464035	-0,049289
Variância (%)	**30,19320**	**21,34442**
Variância acumulada		**51,5376**
Autovalor	**5,434776**	**3,841995**

Tabela 10- Valores dos escores para os igarapés dos diferentes fragmentos florestais.

Pontos de coletas	PC1	PC2
Frag. UFAM	1,80901	0,79876
Frag. INFRAERO1	3,66152	-0,11400
Frag. INFRAERO2	1,02278	-0,29824
Frag. Acará1	1,35593	-1,18610
Frag. Nasc. Ipiranga	1,51303	0,61202
Frag. Arm. Mendes	0,20165	-0,09558
Frag. Acará2	0,63380	-2,09872
Frag. Esc. Agrotécnica	1,62029	0,31559
Frag. SESI	2,54324	0,33499
Frag. INFRAERO3	-0,32566	-1,68346
Frag. Samauma	-1,62395	2,04400
Frag. CIGS	-3,29909	3,62037
Frag. Coca-Cola	-3,38131	0,52441
Frag. Tarumã	-4,13329	-4,73361
Frag. Mindu	-1,59794	1,95958

4.4 Efeitos do tamanho do fragmento, concentração de amônia e de nitrito na água sobre a composição das assembléias de peixes

O tamanho dos fragmentos não apresentou relação significativa com nenhuma das características da ictiofauna analisadas (riqueza de espécies, abundância, diversidade de Shannon-Wiener, densidade em biomassa, densidade em número de exemplares e composição de espécies de peixes) (Figura 13a-f; Tabela 11).

As regressões lineares múltiplas da concentração de amônia e nitrito com riqueza, abundância, diversidade, densidade em número de exemplares, densidade em biomassa e composição de espécies de peixes (Figuras 14a-f e 15a-f) indicam que amônia e nitrito afetam a distribuição da ictiofauna nos igarapés dos fragmentos urbanos de Manaus. Concentrações elevadas de amônia e nitrito foram relacionadas negativamente com a diversidade, riqueza e composição de espécies, e positivamente com a abundância de peixes (Tabela 11).

Tabela 11- Valores de (F, p e R^2) das relações entre tamanho do fragmento, amônia e nitrito e riqueza de espécies, abundância de indivíduos, diversidade de Shannon-Wiener, densidade em número de exemplares e em biomassa, e composição de espécies de peixes, para 15 fragmentos urbanos de Manaus.

Relações		F	p	R^2
Tamanho do fragmento	Riqueza de espécies	0,431	0,523	0,032
	Abundância	0,014	0,909	0,001
	Shannon-Wiener	0,582	0,459	0,043
	Dens. No. exemplares	0,304	0,591	0,023
	Dens. biomassa	1,638	0,223	0,112
	Composição de espécies	2,751	0,121	0,175
Amônia	Riqueza de espécies	1,240	0,286	0,087
	Abundância	18,790	**0,001**	0,591
	Shannon-Wiener	3,156	0,099	0,195
	Dens. No. exemplares	3,076	0,103	0,191
	Dens. biomassa	0,308	0,588	0,023
	Composição de espécies	9,442	**0,009**	0,421
Nitrito	Riqueza de espécies	3,331	0,091	0,204
	Abundância	9,032	**0,010**	0,409
	Shannon-Wiener	5,304	**0,038**	0,289
	Dens. No. exemplares	0,793	0,389	0,057
	Dens. biomassa	0,852	0,373	0,061
	Composição de espécies	5,231	**0,039**	0,287

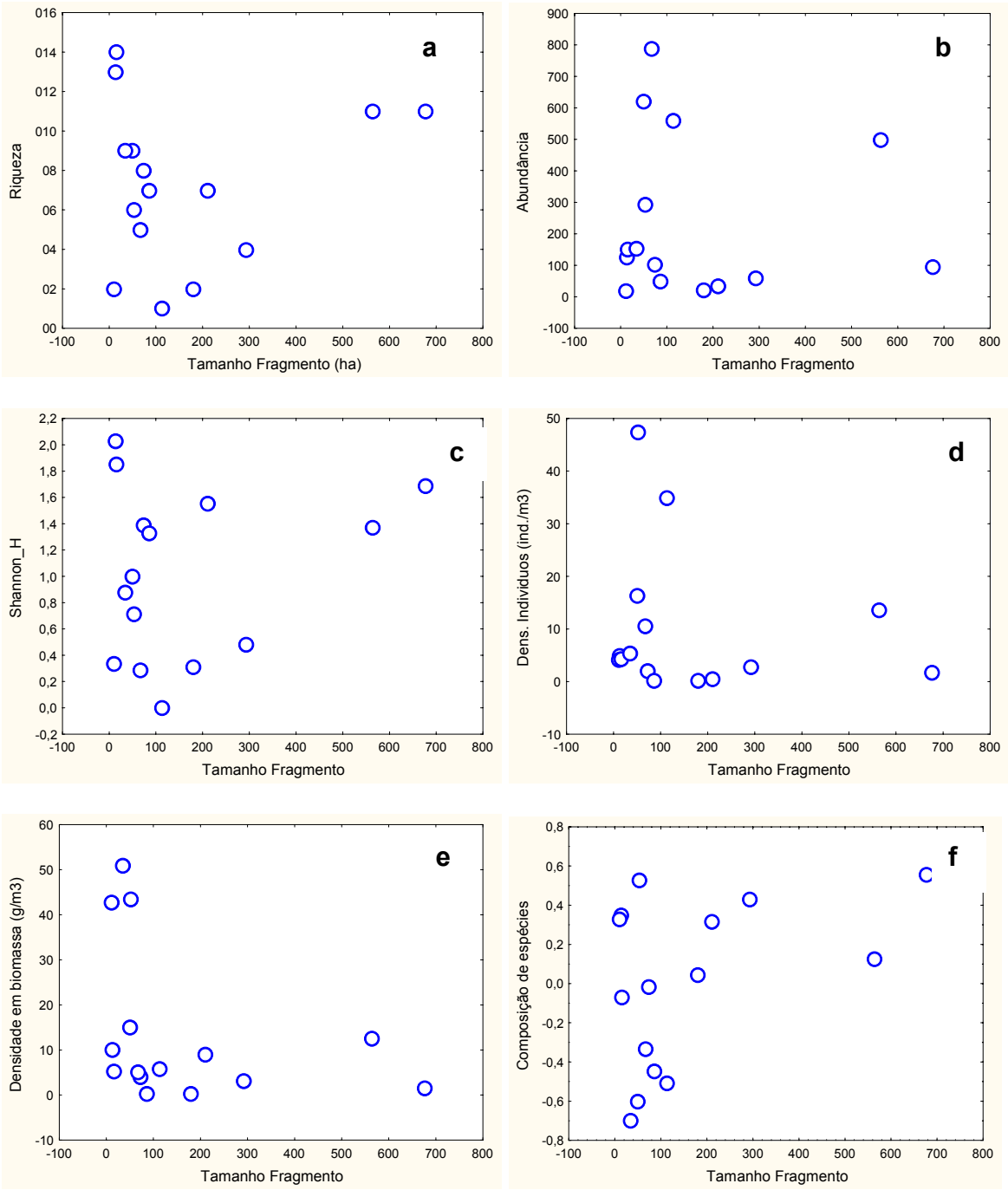


Figura 13- Relação entre o tamanho dos fragmentos florestais e riqueza de espécies (a), abundância de indivíduos (b), diversidade de Shannon-Wiener (c), densidade em número de exemplares (d), densidade em biomassa (e) e composição de espécies de peixes (f), para quinze fragmentos urbanos de Manaus.

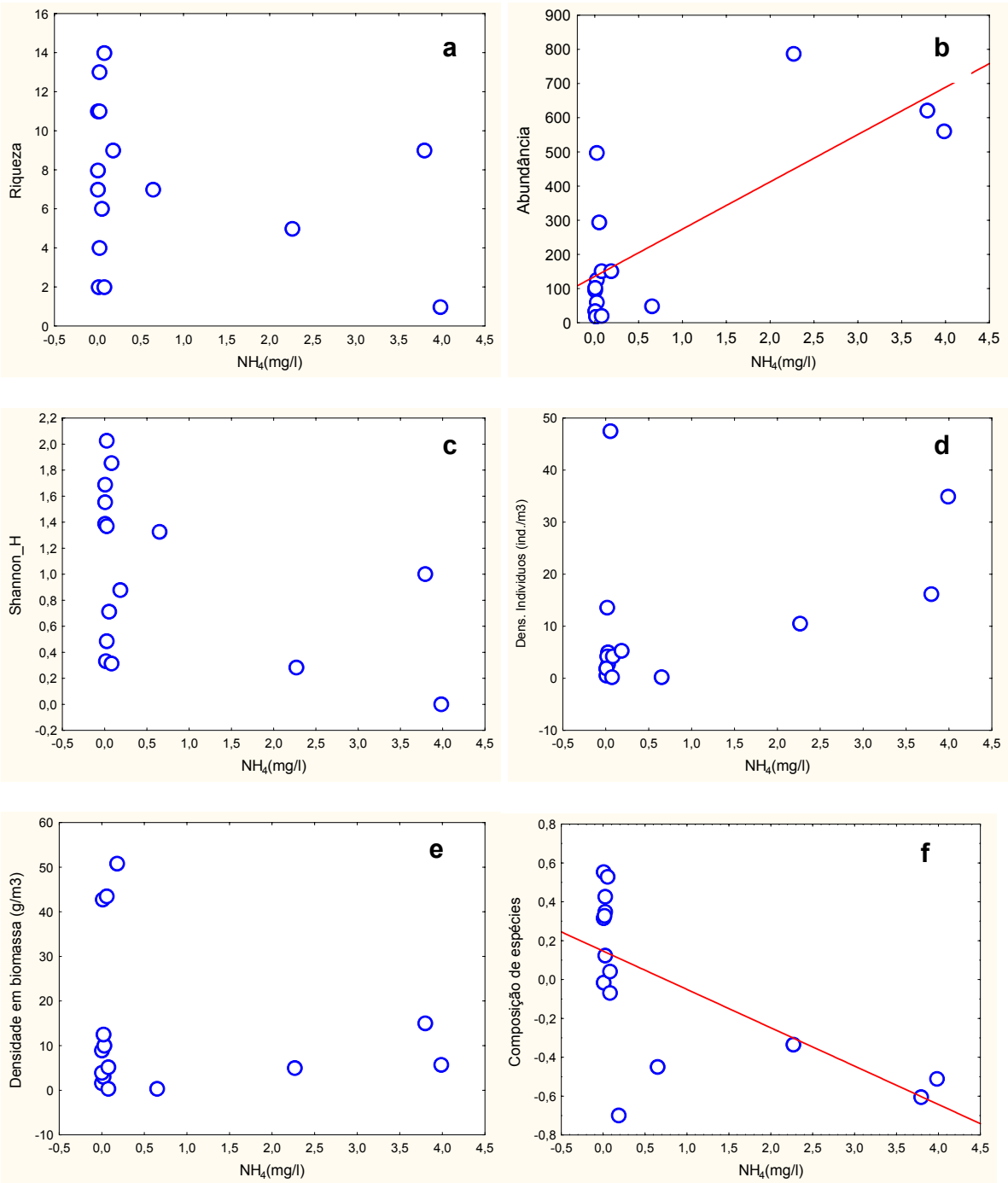


Figura 14- Relação entre amônia e riqueza de espécies (a), abundância de indivíduos (b), diversidade de Shannon-Wiener (c), densidade em número de exemplares (d), densidade em biomassa (e) e composição de espécies (f), coletados em quinze fragmentos urbanos de Manaus.

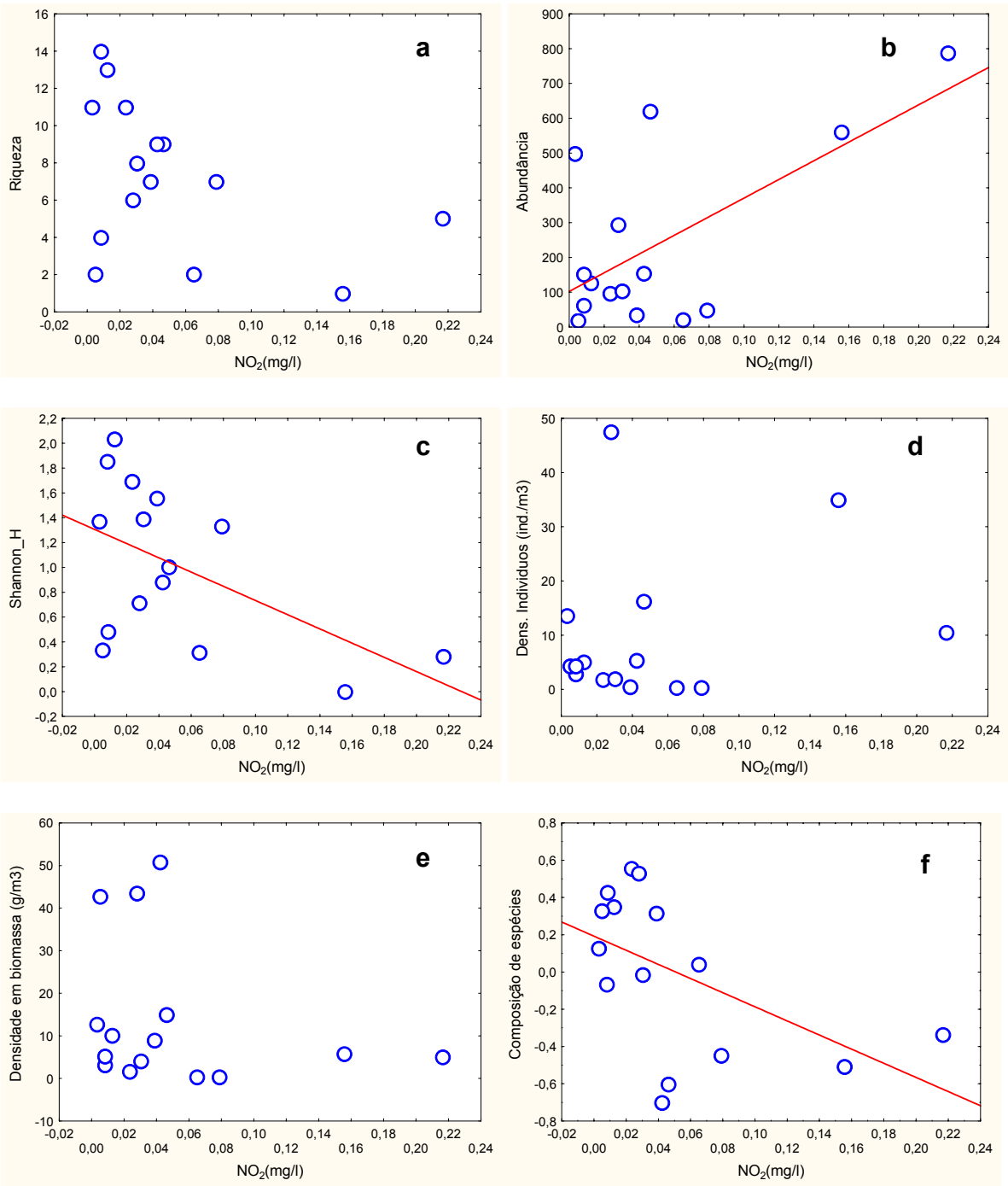


Figura 15- Relação entre nitrito e riqueza de espécies (a), abundância de indivíduos (b), diversidade de Shannon-Wiener (c), densidade em número de exemplares (d), densidade em biomassa (e) e composição de espécies (f), coletados em quinze fragmentos urbanos de Manaus.

4.5 Relações entre a distância e conectividade dos fragmentos e a similaridade na composição da ictiofauna dos igarapés

Os maiores índices de similaridade ictiofaunísticas foram encontrados entre os igarapés de fragmentos conservados: INFRAERO 1, SESI, INFRAERO 2, Acará 1 e 2. Alguns igarapés de fragmentos alterados apresentaram similaridade igual a zero quando relacionados principalmente com igarapés de fragmentos conservados. Dentre estes fragmentos destacam-se CIGS, Mindu, Samauma e INFRAERO 3 (Tabela 12).

A distância espacial entre os fragmentos variou de pouco menos de 1 km até cerca de 17 km. Os fragmentos mais próximos foram Acará 1 e Acará 2 (0,82 km), INFRAERO 1 e INFRAERO 3 (1,59 km), Armando Mendes e Escola Agrotécnica (1,67 km), e os mais distantes foram Nascente Ipiranga e INFRAERO 1 (17,3 km), CIGS e Acará 2 (16,6 km) e Acará 2 e Armando Mendes (16,4 km) (Tabela 13).

A similaridade na composição de espécies de peixes não foi correlacionada com a distância dos fragmentos (Mantel: p= 0,376, r= -0,087; Figura 16). Tanto fragmentos muito próximos entre si (e.g. Acará 1 e 2) como outros muitos distantes (e.g. Nascente do Ipiranga e INFRAERO 1) apresentaram valores de similaridade semelhantes.

A conectividade entre os igarapés, ou seja, a distância de um ponto de amostragem a outro, acompanhando o percurso dos igarapés, variou de 1 a 80 km. Os fragmentos mais próximos foram Acará 1 e Acará 2 (1,09 km), SESI e Mindu (4,96 km), INFRAERO 3 e Tarumã (5,69 km) e UFAM e Armando Mendes (6,07 km), e os mais distantes foram Nascente Ipiranga e Acará 1 (80,1 km), Nascente do Ipiranga e Acará 2 (79,6 km), e Nasc. Ipiranga e Coca-Cola (78,7 km) (Tabela 14).

Não houve relação significativa entre a similaridade de espécies e a conectividade entre os igarapés (Mantel: p= 0,553, r=0,056; Figura 17).

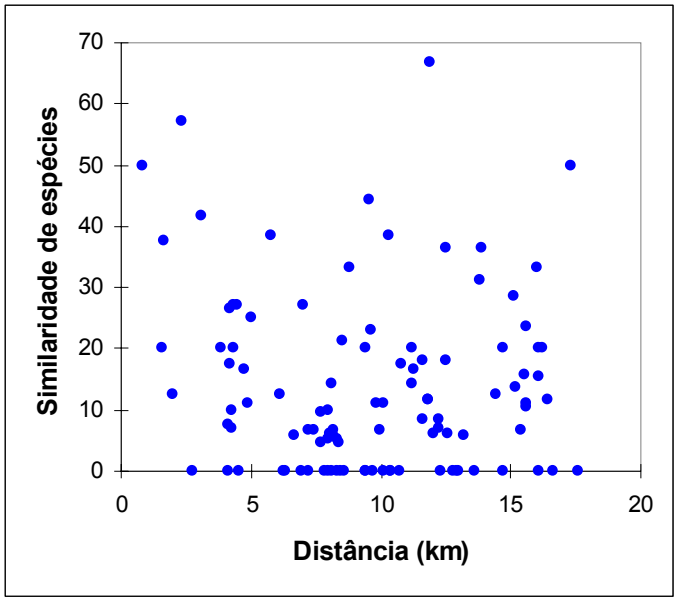


Figura 16- Relação entre similaridade de espécies de peixes e a distância entre os fragmentos.

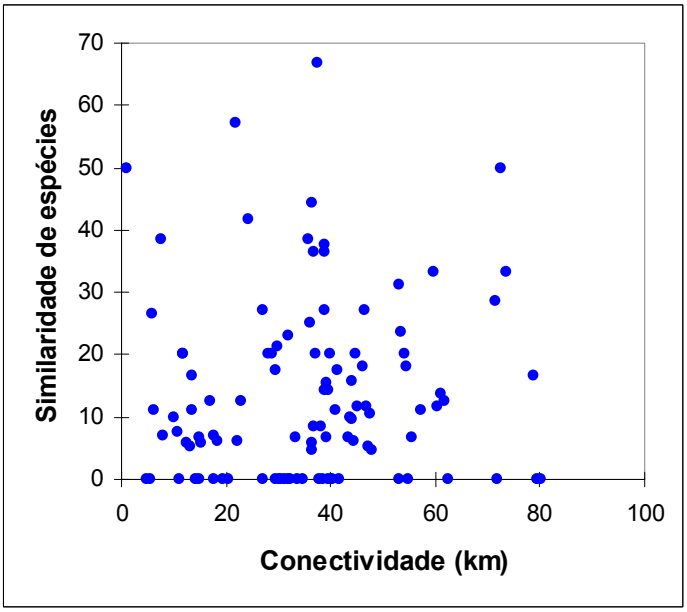


Figura 17- Relação entre similaridade de espécies de peixes e a conectividade entre os fragmentos.

Tabela 12- Matriz de similaridade ictiofaunística entre os 15 fragmentos florestais urbanos estudados. Em **negrito** encontram-se marcados os valores iguais ou superiores a 50%.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	0														
C2	36,36	0													
C3	38,46	**57,14**	0												
C4	20	6,25	17,64	0											
C5	18,18	**50,0**	28,57	0	0										
C6	26,66	20	36,36	10,52	11,11	0									
C7	15,78	7,14	20	**50,0**	0	11,76	0								
C8	25	20	31,25	12,5	6,66	37,5	13,63	0							
C9	41,66	**66,66**	44,44	11,76	33,33	27,27	6,25	17,64	0						
A1	8,33	20	12,5	0	33,33	11,11	0	6,66	14,28	0					
A2	0	0	6,66	4,76	0	21,42	5,26	9,52	7,14	0	0				
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,11	0			
A4	6,66	12,5	20	5,88	16,66	18,18	6,66	11,76	10	16,66	27,27	20	0		
A5	5,88	10	7,69	5,26	0	15,38	5,88	23,53	8,33	0	14,28	0	20	0	
A6	0	0	0	0	0	6,25	0	4,54	0	0	38,46	11,11	27,27	23,07	0

Tabela 13- Matriz de distância espacial (km) entre os 15 fragmentos florestais urbanos estudados.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	0														
C2	12,5	0													
C3	10,3	2,36	0												
C4	14,7	12	10,8	0											
C5	11,6	17,3	15,1	9,39	0										
C6	4,21	16,2	13,9	15,6	9,84	0									
C7	15,5	12,2	11,2	0,82	10,1	16,4	0								
C8	5,04	16,1	13,8	14,4	8,18	1,67	15,2	0							
C9	3,08	11,9	9,56	11,8	8,8	4,5	12,6	4,21	0						
A1	12,2	1,59	1,98	10,4	16	15,6	10,7	15,4	11,2	0					
A2	6,97	9,69	7,42	7,71	7,85	8,49	8,49	7,68	4,25	8,57	0				
A3	8,14	7,22	6,27	16,1	17,6	12,3	16,6	13	9,4	7,99	10,1	0			
A4	9,96	6,14	4,33	6,68	11,3	12,5	7,2	11,8	7,97	4,73	4,3	9,45	0		
A5	13,2	4,25	4,1	7,98	14,7	16,1	8,15	15,6	11,6	2,73	8,11	10,4	3,82	0	
A6	4,09	8,47	6,34	12,9	12,8	8,04	13,6	8,4	4,54	8,29	5,77	4,89	6,99	9,62	0

Tabela 14- Matriz de conectividade (km) entre os 15 fragmentos florestais urbanos estudados.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	0														
C2	36,97	0													
C3	35,92	21,73	0												
C4	44,67	18,32	29,35	0											
C5	54,55	72,46	7,41	80,16	0										
C6	6,07	39,77	38,72	47,47	57,35	0									
C7	44,14	17,78	28,82	1,09	79,63	46,94	0								
C8	36,18	54,09	53,04	61,79	33,47	38,98	61,26	0							
C9	24,3	37,43	36,38	45,13	59,79	27,1	44,6	41,42	0						
A1	38,27	11,97	23,02	14,93	73,76	41,07	14,4	55,39	38,73	0					
A2	27,07	40,2	39,15	47,9	62,56	29,87	47,35	44,19	7,87	41,5	0				
A3	17,57	30,7	29,65	38,4	53,06	20,37	37,87	34,69	11,03	32	13,69	0			
A4	43,29	16,95	27,97	15,32	78,78	46,09	14,79	60,41	43,75	13,53	46,52	37,02	0		
A5	36,42	10,18	10,93	13,18	71,91	39,22	12,65	53,54	36,88	5,69	39,65	30,15	11,86	0	
A6	19,28	32,41	31,36	40,11	54,77	22,08	39,58	36,4	4,96	33,71	7,64	6,15	38,73	31,86	0

C1=UFAM, C2= INFRAERO1, C3=INFRAERO2, C4= Acará1, C5= Nasc. Ipiranga, C6= Armando Mendes, C7= Acará2, C8= Esc. Agrotécnica, C9= SESI, A1= INFRAERO3, A2= Samauma, A3= CIGS, A4= Coca-Cola, A5= Tarumã e A6= Mindu.

5 – DISCUSSÃO

5.1- Características estruturais e de qualidade da água em igarapés de fragmentos florestais urbanos de Manaus

Muitos estudos têm demonstrado como os ambientes aquáticos se alteram diante dos processos de crescimento urbano e populacional (Dyer *at* al., 1998; Faria & Marques, 1999; Aprile *et al*., 2004; Vieira & Cunha, 2005; Cunico *et al*., 2006), e o crescimento acelerado e desordenado da cidade de Manaus não foge a essa regra. Seus igarapés urbanos refletem os cenários humanos atuantes na sua área de drenagem e têm sido transformados, perdendo suas características naturais. As transformações causadas nos igarapés, em função principalmente do processo acelerado de desmatamento e posterior ocupação das áreas, ocorrentes nas últimas décadas em Manaus, são marcantes (Silva & Silva, 1993; Cleto-Filho, 1998; Waichman & Borges, 2003).

A expansão do desmatamento é um problema que cresce a cada ano na região de Manaus. Os dados apresentados por Marinho & Mesquita (2001) para o período de 1995 a 1999 mostram o rápido avanço das áreas desmatadas, evidenciado pela redução em 50% da área total dos 51 fragmentos florestais maiores que 10ha, encontrados na zona urbana àquela época. Tais desmatamentos são os primeiros passos para o surgimento de novos núcleos urbanos, principalmente na periferia da cidade. Um dos efeitos que essas ocupações provocam são as modificações na estrutura dos igarapés, através de processos de poluição e eutrofização, que promovem mudanças nas características físico-químicas da água e

trazem consigo grandes modificações nas comunidades biológicas (Silva, 1992; Kirovsky, 2001; Cleto-Filho & Walker, 2001; Couceiro, 2005).

A maioria dos parâmetros físicos e físico-químicos mensurados no presente estudo apresentou diferenças significativas entre os grupos de igarapés conservados e alterados. Nos igarapés conservados dos fragmentos UFAM, INFRAERO 1 e 2, Acará 1 e 2, Nascente Ipiranga, Armando Mendes, Escola Agrotécnica e SESI, as características físico-químicas apresentaram um padrão semelhante aos de outros igarapés naturais da Amazônia Central, anteriormente estudados por Walker (1990), Campos (1994), Silva (1992), Pascoaloto (2001), Mendonça (2002) e Anjos (2005). No entanto, para os igarapés alterados dos fragmentos INFRAERO 3, Samauma, CIGS, Coca-cola, Tarumã e Mindu foram registradas grandes alterações nas características ambientais dos igarapés, possivelmente como reflexo de processos de degradação distintos.

Dentre os parâmetros que apresentaram as maiores diferenças entre os igarapés conservados e alterados destacaram-se: vazão, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, amônia, nitrito e alguns tipos de substratos (areia, tronco e liteira). Maiores valores de vazão ($p=0,042$) observados nos igarapés alterados podem não refletir uma situação natural, sendo muito provável que a adição de efluentes domésticos (esgoto) esteja aumentando o volume da drenagem desses igarapés. Isto foi verificado nos fragmentos INFRAERO 3 (onde 800 m^3 de esgoto tratado são despejados todos os dias, provenientes do Aeroporto Eduardo Gomes) e do Mindu (onde esgotos domésticos *in natura* são despejados no igarapé, provenientes de residências nas vizinhanças do Parque) (obs. pessoais). Tais situações são comuns

na cidade de Manaus, onde não há um sistema de coleta e tratamento de esgoto doméstico eficiente, principalmente em bairros periféricos, e o esgoto é lançado diretamente nos igarapés da cidade. Igarapés sob tais condições sofrem alterações ecológicas decorrentes da poluição e da eutrofização (introdução excessiva de matéria orgânica). Esse processo diminui drasticamente a qualidade das águas, levando principalmente à redução de oxigênio dissolvido (Cleto-Filho, 1998).

No presente estudo, concentrações de oxigênio dissolvido nos igarapés alterados apresentaram níveis significativamente mais baixos do que os encontrados nos igarapés conservados ($p=0,022$). Silva (1992) e Cleto-Filho (1998) encontraram baixos níveis de oxigênio em igarapés poluídos de Manaus e confirmaram que a decomposição de matéria orgânica é provavelmente um dos principais fatores responsáveis pelos déficits de oxigênio encontrados nesses ambientes. Esteves (1988) também relata que corpos de água que recebem esgoto doméstico não tratado apresentam processo de deterioração mais rápido, porque tais efluentes são imediatamente decompostos acarretando altos déficits de oxigênio. No caso dos igarapés de fragmentos urbanos de Manaus, isto é particularmente preocupante, pois indica o alto grau de degradação dos ambientes aquáticos nesses locais.

Para o pH e condutividade, as diferenças dos valores entre igarapés conservados e alterados foram altamente significativas ($p=0,002$ e $p=0,0001$, respectivamente). Nos igarapés conservados os valores médios de pH e condutividade foram baixos, enquanto que nos alterados os valores de pH tenderam a ser ligeiramente alcalinos e a condutividade média aumentou cerca de sete vezes. Os elevados valores encontrados nos igarapés alterados refletem o enriquecimento

por matéria orgânica e sais dissolvidos provenientes dos esgotos domésticos, como já relatado por Silva (1992) e Cleto-Filho (1998) para igarapés impactados de Manaus.

A amônia e o nitrito também apresentaram diferenças significativas entre os igarapés conservados e alterados (p=0,0085 e p=0,0036, respectivamente). As altas concentrações de amônia e nitrito observadas em igarapés de alguns fragmentos florestais indicam o estado preocupante de degradação desses ambientes em Manaus. Valores médios de amônia e nitrito atingiram 1,82 e 0,10 mg/l, respectivamente, muito superiores aos encontrados nos igarapés conservados (0,022 e 0,017mg/l, respectivamente). Esteves (1988) relata que maiores taxas de compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) encontrados em sistemas urbanos são provenientes de excrementos humanos. Elevadas concentrações de amônia e nitrito podem atuar diretamente sobre a ictiofauna. Segundo Vinatea (1997), altas concentrações de amônia na água (>0,25 mg/l) podem influenciar no processo de fosforilação oxidativa das células, afetando negativamente o crescimento dos peixes. Pavanelli *et al*. (1999) relatam que elevadas concentrações de nitrito na água causam a doença do sangue marrom, ocasionada pela oxidação da hemoglobina, que é transformada em meta-hemoglobina, diminuindo a capacidade respiratória dos peixes. Altas concentrações de amônia podem ter um alto impacto negativo sobre as comunidades de peixes, já que a oxidação da amônia consome uma elevada quantidade de oxigênio dissolvido.

Os substratos também se caracterizaram como bons indicadores abióticos tanto de igarapés conservados, quanto de alterados. Os substratos areia, liteira e

tronco mostraram diferenças significativas entre igarapés íntegros e alterados (p=0,0131; p=0,039; p=0,010, respectivamente). No presente estudo, o substrato mais abundante em cinco dos seis igarapés alterados foi a areia, que cobriu mais de 80% do leito desses igarapés. Embora seja um dos substratos mais comuns no leito dos igarapés naturais (Gondim, 1984; Vasquez, 1996; Mendonça, 2002; Anjos 2005), grandes quantidades de areia, como as verificadas neste estudo, mostram certa homogeneização desses ambientes e indicam um processo avançado de assoreamento. Segundo Vieira & Cunha (2005) e Marçal & Guerra (2005), alterações na hidrologia de áreas urbanas estão relacionadas principalmente ao manejo inadequado do solo, que intensifica os processos erosivos e acarreta grandes volumes de sedimentos para os cursos de água. Igarapés conservados apresentaram maior heterogeneidade de habitats e grande abundância de substratos como liteira e tronco. Dois outros substratos (seixos e macrófitas aquáticas) foram encontrados somente nesse tipo de ambiente. Gondim (1984) também encontrou maior quantidade de liteira em áreas naturais do que em uma área impactada por pastagem do igarapé Santo Antoninho, zona rural de Manaus. Forsberg (1995) relacionou a maior quantidade de liteira em trechos naturais à presença de meandros e outros mecanismos de retenção, como troncos, outro substrato abundante nos igarapés conservados no presente estudo.

De maneira geral, os parâmetros físicos e físico-químicos analisados neste estudo constituíram bons indicadores do estado de degradação ambiental dos igarapés presentes em parte dos fragmentos florestais estudados. Assim, é esperado

que a fauna aquática também mude sensivelmente de acordo com a qualidade da água.

5.2 - Composição e estrutura das assembléias de peixes em igarapés de fragmentos urbanos de Manaus

A ictiofauna dos igarapés amazônicos é composta de uma grande diversidade de espécies de peixes, geralmente de pequeno porte (Lowe-McConnell,1987; Araújo-Lima *et al*, 1995; Castro, 1999). Estudos desenvolvidos em igarapés sob condições naturais, revelam a dominância de Characiformes e Siluriformes na composição das assembléias de peixes (Bührnheim, 1998; Araújo-Lima *et al*., 1999; Castro, 1999; Martins, 2000; Montag, 2003; Mendonça *et al*., 2005; Anjos, 2005). Entretanto, alterações nesse padrão têm sido evidenciadas pela fragmentação de habitats, decorrente principalmente de ações antropogênicas (Silva, 1995; Kirovsky, 1998; Bojsen & Barriga, 2002; Cunico *et al*., 2006).

Nos igarapés dos fragmentos florestais urbanos de Manaus, a ictiofauna apresentou grande variação na composição. Characiformes (13 spp) e Perciformes (11 spp) foram dominantes nos igarapés conservados e responderam por mais de 77% das espécies capturadas. Nos igarapés alterados, Characiformes contribuíram com apenas três espécies, enquanto que Siluriformes (7 spp) e Perciformes (5 spp) predominaram, com 63% das espécies. A proporção de Gymnotiformes (1 espécie) encontrada nos igarapés conservados deste estudo é muito menor que a encontrada por Mendonça *et al.* (2005) na Reserva Ducke, onde os autores encontraram 10 espécies. No entanto, a alta riqueza de Gymnotiformes encontrada por esses

pesquisadores pode ser devida à metodologia de coleta aplicada (detector de pulsos elétricos), o que favoreceu a sua captura. Cyprinodontiformes contribuíram com três espécies em cada tipo de ambiente, e Synbranchiformes ocorreram somente em ambientes conservados.

O predomínio de pequenos Characiformes observados nos ambientes conservados do presente estudo segue o padrão esperado para riachos Neotropicais (Lowe-McConnell, 1987). No entanto, nos ambientes alterados, houve uma redução em 77% de Characiformes, 55% de Perciformes e um aumento de 70% de Siluriformes, resultado semelhante ao obtido por Silva (1992) em um estudo comparativo de igarapés das zonas rural e urbana de Manaus. Kirovsky (1998), estudando cinco igarapés afetados pela comum associação de clareiras e barragens nas zonas rurais de Manaus e Presidente Figueiredo, comprovou uma redução de 40% do número de espécies (principalmente de Characiformes, Siluriformes e Gymnotiformes), em relação a trechos naturais dos mesmos igarapés.

O presente estudo registrou 41 espécies de peixes, sendo 31 nos igarapés conservados e 19 nos alterados, e somente nove comuns aos dois ambientes. A maior riqueza encontrada nos igarapés conservados representa uma maior participação de espécies raras e de espécies de pequenos Characiformes das famílias Characidae e Lebiasinidae. Dentre as espécies encontradas nos dois ambientes, *Hoplias malabaricus*, *Rivulus compressus* e *Aequidens pallidus* foram mais freqüentes (> 70%) nos ambientes conservados, enquanto que cinco outras espécies (*Callichthys callichthys*, *Megalechis personata*, *Fluviphylax* cf. *pigmaeus*, *Apistogramma* cf. *mendezi* e *Satanoperca jurupari*) tiveram freqüências proporcionais

e foram capturadas uma única vez em ambos ambientes. Somente uma espécie (*Cichlasoma amazonarum*), típica de ambientes de várzea e considerada uma invasora em igarapés de terra firme, foi mais freqüente nos ambientes alterados.

Os igarapés dos fragmentos urbanos de Manaus apresentaram riqueza de espécies semelhante à encontrada em outros estudos na região. Bührnheim (1998) capturou 35 espécies em 3 igarapés de 2ª ordem, localizados em áreas de fragmentos florestais do PDBFF, a cerca de 80 km de Manaus. Em um igarapé de 3ª ordem, localizado no Rio Puraquequara a 7 km de Manaus, Silva (1992) encontrou uma riqueza de 44 espécies. Mendonça *et al*. (2005) registraram 49 espécies, em 35 igarapés de 1ª a 3ª ordem na Reserva Florestal Adolpho Ducke, um enorme fragmento florestal de 10.000 ha localizado dentro da área urbana de Manaus. No entanto, apesar da semelhança no número de espécies nesses três estudos, a composição de espécies foi bem diferente. Das 41 espécies encontradas nos fragmentos de Manaus, somente doze (29%) foram comuns à Reserva Ducke (Mendonça *et al*., 2005). Das 44 espécies encontradas por Silva (1992) no igarapé Candiru, somente nove (20%) foram comuns aos igarapés dos fragmentos urbanos. Tais resultados indicam que a conservação das áreas verdes da zona urbana de Manaus, particularmente as que incluem áreas de cabeceiras, é imprescindível para a manutenção da biodiversidade regional, uma vez que os fragmentos abrigam diferentes composições de espécies de peixes.

Nesse estudo, a redução do número de espécies, equitabilidade e diversidade observadas nos ambientes alterados foram semelhantes aos valores observados por Silva (1992) em um igarapé poluído da zona urbana de Manaus. Kirovsky (1998)

também verificou uma redução significativa da riqueza de espécies de peixes em trechos de igarapés impactados por clareiras e barragens. Entretanto, os peixes não parecem ser os únicos a sofrerem redução de riqueza e simplificação na composição. Estudos feitos por Cleto-Filho & Walker (2001) e Couceiro (2005) em igarapés urbanos de Manaus, revelam que os invertebrados aquáticos também sofrem redução de espécies e mudanças na estrutura da comunidade em igarapés alterados por ações antrópicas.

Igarapés alterados também apresentaram maiores valores médios de abundância, biomassa e dominância de peixes. A alta abundância de *Poecilia reticulata* (Poeciliidae), aliada à baixa representatividade numérica de espécies nativas, contribuiu para altos valores de dominância observados nos igarapés alterados. Bojsen & Barriga (2002) encontraram maior número de indivíduos e biomassa em áreas desmatadas, e observaram que a biomassa total de peixes foi positivamente relacionada a áreas abertas dos igarapés, indicando que o espaço pode ser um fator limitante para a biomassa total de peixes. Lenat & Crawford (1994) e Kirovsky (1998) também demonstraram um efeito positivo do desmatamento na abundância total de peixes. Em contraste, Jones *et al*. (1999) encontrou diminuição da abundância total de peixes com o desmatamento em igarapés de cabeceira na drenagem do rio Tennessee, USA. Entretanto, é importante ressaltar que os igarapés alterados analisados no presente estudo estão dentro de fragmentos florestais, com cobertura de dossel semelhante à observada em ambientes conservados.

Angermeier & Karr (1983) mencionam que alterações em sistemas lóticos ocasionadas pela remoção da vegetação marginal podem acarretar aumento de

temperatura da água, redução da estabilidade do sistema, perda da capacidade natural de retenção de sedimentos/nutrientes e substituição de um sistema heterotrófico para autotrófico. Deste modo, a remoção total ou mesmo parcial da vegetação pode ter efeitos consideráveis na qualidade da água, e consequentemente, no tipo de alimento utilizado pela comunidade aquática (Duncan, *et al*., 1989). Neste sentido, o aumento do número de indivíduos e a maior biomassa de peixes nos igarapés alterados pode também indicar uma evolução em direção a um sistema mais autotrófico, baseado no consumo de detritos. De fato, Siluriformes de hábitos detritívoros/perifitívoros representaram cerca de 41% da biomassa nos igarapés alterados, o que indica uma mudança de estado trófico desses sistemas.

5.3 - Relações entre as assembléias de peixes e as características ambientais dos igarapés em fragmentos florestais urbanos de Manaus

O crescimento desordenado da cidade de Manaus tem comprometido seriamente ambientes terrestres e aquáticos, através do desmatamento, ocupação de áreas de baixio por onde fluem os igarapés e posterior poluição das águas pela descarga de esgoto doméstico. Tais alterações têm trazido consigo modificações nas comunidades de peixes e invertebrados aquáticos com forte redução da biodiversidade (Silva, 1992; Cleto-Filho, 1998; Kirovsky, 1998; Couceiro, 2005).

Neste estudo, os igarapés dos fragmentos florestais urbanos apresentaram diferentes graus de impactos antropogênicos. De maneira geral, os impactos da urbanização associada com o desmatamento e a conseqüente eutrofização das águas resultaram em alterações nas características originais desses ambientes

aquáticos, modificando a estrutura e composição das assembléias de peixes desses cursos de água.

As análises de ordenação a partir de aspectos físicos e físico-químicos da água mostraram uma tendência de separação de dois grupos de igarapés, conservados e alterados. As análises de ordenação com base em dados de presença-ausência e abundância das espécies, densidade em biomassa e em número de indivíduos, evidenciaram alterações na estrutura das assembléias de peixes entre os igarapés conservados e alterados. Tais resultados sugerem que os igarapés estudados são heterogêneos na sua composição de espécies, podendo-se assim estabelecer que a alteração na qualidade da água e a fragmentação florestal constituem possíveis fatores de impacto sobre a ictiofauna dos igarapés.

Igarapés em bom estado de conservação apresentaram os maiores valores de oxigênio dissolvido, riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade, assim como as menores concentrações de amônia, nitrito e menores valores de condutividade e pH. Pequenos Characiformes, como *Bryconops giacopinii* e *Hyphessobrycon melazonatus* (Characidae), *Crenuchus spilurus* (Crenuchidae), *Pyrrhulina brevis*, *Copella nigrofasciata* e *Copella nattereri* (Lebiasinidae), *Erythrinus erythrinus* (Erythrinidae), além de *Rivulus compressus* (Cyprinodontiformes, Rivulidae), *Aequidens pallidus* e *Crenicichla inpa* (Perciformes, Cichlidae) foram capturadas com maior freqüência nesses ambientes, que estão livres ou pouco afetados por impactos antrópicos.

Das espécies que tiveram maiores freqüências nos igarapés conservados, *A. pallidus, B. giacopinii*, *C. spilurus*, *E. erythrinus*, *H. melazonatus*, *P. brevis* e *R.*

compressus são descritas por Mendonça (2002) como espécies predominantes com ampla distribuição em igarapés da Reserva Florestal Adolfo Ducke, o que concorda com o presente trabalho; *C. nigrofasciata* e *C. inpa* que estiveram freqüentes em três e quatro fragmentos, respectivamente, são observadas na Reserva Ducke com pouca freqüência (Mendonça, 2002); *C. nattereri*, freqüente em três igarapés conservados, não ocorreu na Reserva Ducke; e a espécie *Hoplias malabaricus* (carnívoro de médio porte), tida como freqüente e ocorrendo em cinco dos nove fragmentos conservados, foi raramente encontrada na Reserva Ducke.

A composição da comunidade de peixes dos fragmentos conservados também foi influenciada pelos diferentes tipos de substratos, principalmente pela maior abundância de liteira e troncos, que foram ambos inversamente relacionados com a quantidade de areia no substrato. É sabido que grupos de peixes são especializados e utilizam certos tipos de substratos como área de forrageamento e abrigo. Bancos de liteira são utilizados por *Gymnotus* cf. *stenoleucus*, *Apistogramma* spp. e *Synbranchus cf. mamoratus*. Espécies psamófilas como *Gymnorhamphichthys rondoni* (Rhamphichthyidae), *Imparfinis pristo*s e *Mastiglanis asopos* (Heptapteridae), não capturadas no presente estudo, mas bastante comuns em ambientes naturais, utilizam o substrato areia para o forrageamento e repouso (Zuanon *et al*., 2006). Espécies de água livre como *Hyphessobrycon melazonatus*, *Copella nigrofasciata*, *Nannostomus marginatus*, *Pyrrhulina brevis* e *Aequidens pallidus*, utilizam com freqüência bancos de liteira como abrigo contra predadores.

Estudos realizados com comunidade de peixes em pequenos igarapés tropicais indicam que grande parte das espécies são altamente dependentes da

floresta adjacente (Knoppel, 1970; Goulding, 1980; Angermeier & Karr, 1983; Sabino & Castro, 1990; Silva 1993; Sabino & Zuanon, 1998; Kemenes, 2000). Espécies dependentes de recursos alimentares alóctones, como pequenos Characiformes, ou com preferência por locais sombreados, podem ser negativamente afetadas por alterações na vegetação ripária (Angermeier & Karr, 1983; Mortati, 2004). Assim, impactos sobre as florestas, os solos e as águas, podem desencadear processos que desestruturam as comunidades aquáticas, levando ao desaparecimento de algumas espécies e ao predomínio de outras (Nelson & Roline, 1996).

A composição das assembléias de peixes dos igarapés alterados foi influenciada por diferentes fatores associados à qualidade da água. Fatores como oxigênio dissolvido, encontrados em níveis reduzidos, assim como elevados valores de condutividade e pH, e altas concentrações de amônia e nitrito, afetaram a composição de espécies. Igarapés alterados também apresentaram baixa riqueza específica e elevada abundância e dominância. Espécies exóticas como o lebistes (*Poecilia reticulata*, Poeciliidae) e a tilápia (*Oreochromis niloticus*, Cichlidae), e invasoras locais como o acari-bodó (*Liposarcus pardalis*, Loricariidae) e o acará-cascudo (*Cichlasoma amazonarum*) foram comuns e bastante abundantes nos igarapés alterados.

Fatores como oxigênio e temperatura são conhecidos por afetarem a ictiofauna. Situações de hipoxia são comuns em lagos de várzea, igapós e poças temporárias, onde a má circulação da água aliada a altas taxas de decomposição, principalmente de macrófitas aquáticas e liteira, reduzem os níveis de oxigênio dissolvido. Essas condições adversas levaram várias espécies de peixes a utilizar

estratégias alternativas de respiração para sobreviver nesses ambientes com baixos teores de oxigênio dissolvido (Junk, 1983; Soares 1993; Val *et al*., 1995). Situações de hipoxia também são bastante comuns em igarapés poluídos, devido principalmente à grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, oriunda principalmente de esgoto doméstico e industrial (Silva, 1992; Cleto-Filho, 1998).

No estudo de Silva (1992), a maioria dos peixes encontrados no igarapé do Quarenta, que apresentava constante déficit de oxigênio dissolvido, possuíam órgãos acessórios ou estratégias comportamentais para respiração aérea. Das dezenove espécies capturadas nos igarapés alterados do presente estudo, cerca de 80% possuíam órgãos acessórios para respiração aérea ou algum tipo de adaptação fisiológica para tolerar baixas concentrações de oxigênio. Entre as que possuem órgãos acessórios destacam-se *Ancistrus sp*. *Liposarcus pardalis* e *Rineloricaria sp.* (Loricariidae); *Hoplosternum littorale*, *Callichthys callichthys*, *Megalechis personata* e *Corydoras cf. aeneus* (Callichthyidae) e *Electrophorus electricus* (Gymnotidae) (Kramer *et al*., 1978; Junk,*et al*., 1983; Val *et al*., 1995). A presença de adaptações fisiológicas relacionadas à ocupação de ambientes hipóxicos é conhecida para *Hoplias malabaricus* (Erythrinidae) (Junk *et al*., 1983); *Ctenobrycon hauxwellianus* (Characidae) (Soares, 1993), *Cichlasoma amazonarum* (Cichlidae), *Poecilia reticulata* (Poeciliidae) e *Rivulus compressus* (Rivulidae).

Das espécies encontradas por Silva (1992) no igarapé do Quarenta, *C. hauxwellianus*, *H. malabaricus* e *H. littorale*, além de duas espécies dos gêneros *Cichlasoma* e *Ancistrus*, foram comumente capturadas nos igarapés alterados do presente estudo. Esteves (1988) salienta que para a comunidade biológica, na

situação de eutrofização da água, muitas espécies apresentam redução no número de indivíduos ou mesmo desaparecem por completo, sendo substituídas por outras espécies mais adaptadas e que passam a dominar numericamente as assembléias de peixes. A baixa ocorrência de espécies e indivíduos da ordem Characiformes, especificamente da família Characidae, e a total ausência da família Lebiasinidae, contrasta com os resultados obtidos por Silva (1992), Buhrnheim (1998), Mendonça (2002) e Anjos (2005) em igarapés íntegros na região de Manaus, onde esses grupos de peixes foram dominantes. Tais modificações evidenciam os efeitos sistêmicos da poluição urbana sobre a estrutura das assembléias de peixes nos igarapés alterados dos fragmentos de Manaus.

A presença de distúrbios ambientais provenientes de atividades antrópicas aparentemente resultou na simplificação das assembléias de peixes e no estabelecimento de uma dominância por espécies tolerantes à poluição e aos baixos teores de oxigênio dissolvido, estabelecendo marcantes alterações na estrutura da ictiofauna dos igarapés dos fragmentos de Manaus. A alta representatividade numérica de *Poecilia reticulata* (Poeciliidae) nas amostras também se relaciona com a eutrofização desses ambientes. Segundo Dyer *et al.* (2003) muitas espécies da família Poeciliidae são consideradas tolerantes à poluição orgânica. Cunico *et al*. (2006) observaram grande abundância da espécie em córregos poluídos por esgotos domésticos na zona urbana de Maringá, no Estado do Paraná. Lemes & Garutti (2002) relataram a permanência da espécie em um córrego de cabeceira da bacia do alto rio Paraná, mesmo após o derramamento de um derivado de petróleo (óleo queimado), evidenciando sua grande resistência a alterações do ambiente. Em

contraste, Castro *et al*. (2003, 2004) encontraram baixo número de exemplares de *P. reticulata* e *Oreochromis niloticus* em córregos de cabeceira do sudeste do Brasil, que ainda apresentavam boas condições físico-químicas da água, porém cercados por pastagem e cultivos orgânicos.

No presente estudo, parece-nos claro que o processo de invasão por espécies exóticas e outras de origem local, nos igarapés dos fragmentos florestais de Manaus, está relacionado à degradação da qualidade da água nesses ambientes. Enquanto a qualidade da água se mantém semelhante às condições naturais, há abundância de piabas (pequenos Characiformes) e certa quantidade de grandes acarás (e.g. *Aequidens pallidus*), que provavelmente inibem a invasão dos igarapés por espécies exóticas como *P. reticulata* e *O. niloticus*. É possível que tal resistência à invasão seja decorrente de vantagens competitivas apresentadas pelas espécies nativas, o que resta ser estudado.

Tanto as espécies consideradas intolerantes à poluição orgânica, como aquelas invasoras que dominam as assembléias de peixes em igarapés degradados, podem ser utilizadas como indicadoras do estado de conservação de ambientes aquáticos. Segundo Lawton & Gaston (2001), espécies consideradas “indicadoras” refletem o estado biótico ou abiótico de um determinado ambiente e revelam evidências de impactos ambientais. Assim, os dados do presente estudo sugerem uma associação entre o grau de impacto antropogênico, que reflete a mudança ou não da qualidade da água, e grupos de pequenos Characiformes (característicos de águas limpas) e espécies oportunistas, exóticas e invasoras locais (características de águas poluídas).

5.4 - Efeitos da fragmentação florestal sobre a riqueza e composição das assembléias de peixes em igarapés

Muitos estudos têm demonstrado os efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de plantas e animais. Os efeitos mais marcantes envolvem perda de indivíduos, espécies e habitats (Bierregaard *et al.,* 2001; Souza *et al*., 2001). Outros estudos citam que fragmentos maiores geralmente abrigam maior diversidade de habitats e retêm maiores populações de espécies originais, quando comparados com fragmentos menores (Benitez-Malvido, 2001; Souza *et al*., 2001).

No presente estudo, apesar de haver uma grande variação na área dos fragmentos florestais amostrados, o tamanho não teve efeito significativo sobre a riqueza de espécies de peixes. É possível que as espécies de peixes respondam de forma diferente ao processo de fragmentação, dificultando a percepção de padrões gerais relacionados às alterações ambientais. Como peixes constituem um grupo muito diversificado, com elevada plasticidade ecológica, algumas espécies podem ter sido afetadas negativamente, desaparecendo dos fragmentos algum tempo depois de sua formação, enquanto outras podem ter se beneficiado com novos tipos de habitats criados após a fragmentação. Assim, é possível que a perda numérica de espécies nativas decorrente dos efeitos da fragmentação de habitats tenha sido compensada pela invasão por espécies oportunistas ou exóticas, descaracterizando uma relação direta entre a área dos fragmentos e a riqueza de espécies.

Ainda quanto à riqueza de espécies nos fragmentos, outras hipóteses podem ser aventadas para explicar os fatos observados no presente estudo. Fragmentos

com grande diferença de tamanho (12,8 e 676 ha, por exemplo) apresentaram valores de riqueza de espécies de peixes bastante semelhantes (13 e 11 espécies, respectivamente). Outros fragmentos com áreas muito reduzidas (e.g. 10,2 e 15 ha), que supostamente deveriam abrigar riquezas de espécies menores, apresentaram grande diferença nesses valores (2 e 14 espécies, respectivamente). É possível que a história de perturbações de cada fragmento seja responsável por parte dessas discrepâncias, embora a ausência de dados históricos sobre a ictiofauna de igarapés na área urbana de Manaus torne bastante difícil averiguar essa hipótese. Além disso, em função das já mencionadas alterações na qualidade da água de boa parte dos igarapés nos fragmentos florestais estudados, torna-se difícil separar os eventuais efeitos da fragmentação florestal e os decorrentes da poluição.

Esses resultados são bastante interessantes, pois mostram que uma parcela importante da ictiofauna está sendo mantida até mesmo nos pequenos fragmentos, indicando o grande valor destes para a conservação da comunidade de peixes da região de Manaus. É importante ressaltar que, para conservar as 41 espécies de peixes existentes nos fragmentos urbanos de Manaus, muitos fragmentos terão de ser protegidos, porque que nenhum deles (nem mesmo o maior, com 676 hectares) teve riqueza superior a 14 espécies.

Tocher *et al*., (1997) e Philip & Borges (2001), trabalhando com sapos e pássaros, respectivamente, em fragmentos florestais com tamanhos de 1 a 100 ha na área do PDBFF-INPA, concluíram que fragmentos maiores contêm maior número de espécies que fragmentos menores. Por outro lado, Didham (1997), trabalhando com comunidade de besouros nas mesmas áreas do PDBFF-INPA, concluiu que

fragmentos de 100 ha não são suficientes para suportar uma fauna intacta. Entretanto, estudos têm demonstrado que os efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de animais e plantas são muito mais complexos do que uma simples análise de riqueza poderia revelar (Bierregaard *et al*., 2001). As respostas dos diferentes grupos de animais à fragmentação são variáveis. Algumas espécies de macacos e aves do sub-bosque são muito vulneráveis à fragmentação (Gilbert & Setz, 2001; Stratford & Stouffer, 1999), enquanto que pequenos mamíferos e anfíbios são aparentemente menos vulneráveis (Pardini, 2001; Dixo, 2001).

Outros fatores que podem influenciar as comunidades bióticas em fragmentos florestais são a distância e a conectividade entre os habitats. Fragmentos próximos entre si geralmente apresentam maior similaridade de espécies, e os efeitos do isolamento aumentam com a distância. Esse isolamento representa uma das maiores ameaças à diversidade, principalmente porque age diminuindo o potencial de recolonização das espécies (Bierregaard *et al*., 2001). Neste sentido, fragmentos conectados por corredores verdes (faixas de vegetação natural, localizadas ao longo dos igarapés que ligam fragmentos florestais) poderiam manter espécies que desapareceriam quando os fragmentos estão isolados. Corredores verdes apresentaram boa alternativa para a dispersão de invertebrados como formigas, besouros e borboletas, assim como em aves (Bierregaard *et al*.2001).

No presente estudo, a similaridade na composição de espécies de peixes não foi significativamente correlacionada com a distância espacial entre os fragmentos, nem com a conectividade entre os igarapés. Diferenças nas características ambientais originais dos igarapés podem ter condicionado a presença de

subconjuntos diversos de espécies de peixes nos igarapés, como indicado pelo elevado valor de diversidade Beta registrado no presente estudo. Da mesma forma, é possível que haja diferenças ictiofaunísticas entre as assembléias de peixes amostradas nos igarapés das quatro microbacias incluídas no presente estudo (Mindu, Tarumã, Puraquequara e Quarenta), como já observado em comparações semelhantes entre microbacias na região de Manaus (J. Zuanon, com. pessoal). Finalmente, o isolamento de populações de peixes por barreiras químicas atuais (igarapés altamente poluídos entre os fragmentos urbanos) pode ser responsável por parte das diferenças observadas na composição de espécies em igarapés próximos, ao dificultar (ou mesmo impossibilitar) processos de recolonização dos ambientes fragmentados.

6 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O tamanho do fragmento florestal não teve relação direta com a riqueza, abundância, diversidade, composição de espécies, densidade em biomassa e em número de exemplares de peixes nos igarapés, o que indica a existência de processos adicionais controlando a estrutura das assembléias ictíicas nesses ambientes.
- A poluição orgânica e a simplificação de habitats, decorrentes principalmente dos processos de urbanização, geraram impactos ambientais negativos na qualidade da água e na estrutura das assembléias de peixes dos igarapés dos fragmentos florestais urbanos de Manaus.
- O aporte de esgotos domésticos nos igarapés de diversos fragmentos florestais resultou na eutrofização desses sistemas aquáticos, com aumento significativo dos valores pH, condutividade, amônia, nitrito, e redução nos níveis de oxigênio dissolvido.
- A fragmentação de habitats, juntamente com processos erosivos do solo, resultou em um aumento do volume de areia no leito dos igarapés impactados, ocasionando assoreamento.
- As condições alteradas da qualidade da água nos igarapés localizados nos fragmentos florestais INFRAERO 3, Samauma, CIGS, Coca-cola, Tarumã e Mindu, coincidiram com mudanças na ictiofauna, entre elas:
    i. A redução significativa da abundância de espécies das ordens Characiformes e Perciformes, e aumento de Siluriformes.

ii. Desaparecimento de espécies da família Lebiasinidae e redução drástica da presença de caracídeos.

iii. Predomínio de espécies que possuem órgãos assessórios para respiração área, bem como de espécies tolerantes à poluição.

iv. Redução da riqueza, diversidade e equitabilidade (simplificação) das assembléias de peixes.

- A riqueza por igarapé (diversidade α) foi pequena em relação à riqueza total encontrada, indicando uma alta diversidade β.
- A similaridade na composição de espécies de peixes não foi relacionada com a distância e a conectividade entre os fragmentos, sugerindo que a história de perturbações ambientais de cada fragmento pode ter interferido significativamente na estrutura das assembléias ictíicas atualmente observadas nos igarapés.

Tais resultados indicam que a conservação das áreas verdes da zona urbana de Manaus é imprescindível para a manutenção da biodiversidade, uma vez que os fragmentos abrigam diferentes composições de espécies de peixes. O contínuo e desordenado crescimento populacional de Manaus provavelmente ocasionará perdas na biodiversidade dos igarapés ainda não impactados. Para que isso não ocorra, serão necessárias medidas de prevenção, tal como, preservação das matas ciliares e nascentes de água. Além disso, é necessário pensar na recuperação dos igarapés dos fragmentos impactados. Medidas como o tratamento dos esgotos atualmente despejados nos igarapés e o replantio das matas ciliares são de extrema relevância.

A conservação das florestas e consequentemente dos cursos de água nas áreas ainda não atingidas pela expansão urbana merecem especial atenção, pois somente com programas voltados à educação ambiental e conscientização da população, será possível a preservação desses recursos. São necessários projetos de urbanização que levem em conta a prevenção e controle da poluição aquática, como parte fundamental do planejamento dos recursos hídricos.

Finalmente, recomenda-se a elaboração e execução de planos de conservação dos igarapés presentes nos fragmentos florestais urbanos de Manaus, que estão sendo danificados ou completamente destruídos a cada dia. É preciso conservar mesmo os fragmentos menores, que abrigam conjuntos de espécies frequentemente diferentes dos demais fragmentos, e que contribuem para a manutenção da biodiversidade regional. A destruição de qualquer fragmento pode resultar na extinção local de várias espécies de peixes, com perda de uma parte importante da diversidade de peixes na região de Manaus.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angermeier, P.L. & Karr, J.R. 1983. Fish communities along environmental gradients in a system of Neotropical stream. *Environmental Biology of Fishes,* 9:117-135.

Anjos, M. B. 2005. Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central: composição, distribuição e características tróficas. *Dissertação de Mestrado*. INPA/UFAM 68p.

Aprile. F.M; Parente, A.H.; Siqueira, G.W. 2004. Capibaribe e Ipojuca pedem socorro. *Ciência Hoje*, 35 (206): 67-70.

Araújo-Lima, C.A.R.M.; Jiménez, L.F.; Oliveira, R.S.; Eterovick, P.C.; Mendonza, U.; Jerozolimki, A. 1999. Relação entre o numero de espécies de peixes, complexidade de hábitat e ordem do riacho nas cabeceiras de um tributário do rio Urubu, amazônia Central. *Acta Limnologica Brasiliensia,* 11(2): 127-135.

Araújo-Lima, C.A.R.M.; Agostinho, A. A. & Fabré, N. N.. 1995. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. P.105-136. In: Tundisi, J. G.; Bicudo, C. E. M. & Tundisi, C. E. M. (eds.*) Limnoloy in brazil*. ABC/SBL.

Ayres, M.; Ayres, Jr.; Ayres, D. L. & Santos, A. S. 2003. Biostat 3.0: aplicações estatisticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. *Sociedade Civil de Mamirauá*; CNPq. Brasília, DF 290p.

Benitez – Malvido, J. 2001. Regeneration in Tropical Rainforest Fragments. *In:* Bierregaard, R. O. Jr.; Gascon, C.; Lovejoy, T. E. & Mesquita, R.C.G. (Eds.). *Lessons from Amazonia – The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest.* pp. 136-145. Yale University Press, New Haven & London. 460 pp.

Berger, W.H. & Parker, F. L. 1970. Diversity of planktonic foraminifera in deep sea sediments. *Science*, 168: 1345-1347.

Bierregaard, R. O. Jr. 1989. Conservation of tropical rainforests: Facing a fragmented future. *Proc. Regional Meeting American Association of Zoological Parks and Aquariums*: 4-12.

Bierregaard, R. O., Jr., Gascon, C., Lovejoy, T. E. & Mesquita, R. C. G. 2001. Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest. Yale *University Press, New Haven & London*. 478 p.

Bierregaard, R. O. Jr.; Lovejoy, T. E.; Kapos, V.; Santos, A. A. & Hutchings, R. W. 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience*, 42: 859-866.

Bojsen, B. H. & Barriga, R. 2002. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology*, 47: 2246-2260.

Boyd, C. E. & Tucker, C.S. 1992. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. *Experimental Station.* AUBRN. Alabama University Agricultural.

Brown, K. S. & Hutchings, R. W. 1997. Disturbance, Fragmentation and the Dynamics of Diversity in Amazonian Forest Butterflies, pp. 91-110. *In*: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. Jr. (Eds.). Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities. *University of Chicago Press*, Chicago.

Buhrnheim, C. M. 1998. Estrutura de Comunidades de peixes em igarapés de floresta de terra firme na Amazônia Central. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas. 166p.

Campos, Z.E.S. 1994. Parâmetros físico-químicos em igarapés de água clara e preta ao longo da rodovia BR-174 entre Manaus e Presidente Figueiredo – AM. *Dissertação de Mestrado.* INPA. 90PP.

Castro, R. M. C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. pp. 139-155. In: CARAMASCHI, E. P., MAZZONI, R., PERES-NETO, P. R. (Eds). Ecologia de peixes de riachos**.** Série Oecologia Brasiliensis, v. 6, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro.

Castro, R. M. C.; Casatti, L.; Santos, H. F.; Melo, A. L. A.; Martins. L. S. F.; Ferreira, K. M.; Gibran, F. Z.; Benine, R. C.; Carvalho, M.; Ribeiro A. C.; Abreu, T. X.; Bockmann, F. A.; Pelição, G. Z.; Stopiglia, R. & Langeani F. 2004. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do Rio Grande no Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica.* V.4 (n1): 1-39p.

Castro, R. M. C.; Casatti, L.; Santos, H. F.; Ferreira, K. M.; Ribeiro A. C.; Benine, R. C.; Dardis, G. Z. P.; Melo, A. L. A.; Stopiglia, R.; Abreu, T. X.; Bockmann, F. A.; Carvalho, M.; Gibran, F. Z. & Lima, F. C. T. 2003. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do rio Paranapanema, sudeste e sul do Brasil. *Biota Neotropica.* V.3 (n1): 1-31p.

Cleto-Filho, S. E. N. 1998. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. *Dissertação de Mestrado.* Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Universidade Federal do Amazonas. 74p.

Cleto-Filho, S.E.N. & Walker, I. 2001. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 31 (1): 69-89.

Colli, G. R., Accacio, G. M., Antonini, Y., Constantino, R., Franceschinelli, E. V., Laps, R. R., Scariot, A., Vieira, M. V. e Wiederhecker, H. C. 2003. A Fragmentação dos Ecossistemas e a Biodiversidade Brasileira: Uma Síntese. pp. 317-324. *In*:

Rambaldi, D. M & Oliveira, D. A. S. (Eds): Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília.

Couceiro, S. R. M. 2005. Efeito do desmatamento e da poluição sobre a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados aquáticos de igarapés urbanos de Manaus, Amazonas. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM 98p.

Cunico , A. M; Agostinho, A.A. & Latini, J.D. 2006. Influência da urbanização sobre as assembléias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia.* 23 (4): 1101-1110.

Didhan, R. K. 1997. The influence of Edge Effects and Forest Fragmentation on Leaf Litter Invertebrates in Central Amazonia. *In:* Laurance W.F. & Bierregaard R.O. Jr. (Eds.). *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities.*pp. 55-70. University of Chicago Press, Chicago, IL. 616 pp.

Dixo, M.B.O. 2001. Efeito da fragmentação da floresta sobre a comunidade de sapos e lagartos de serrapilheira no sul da Bahia. *Dissertação de Mestrado.* Instituto de Biociências. USP. 75 pp.

Duncan, W.F.A.; Brusven, M.A. & Bjornn, T.C. 1989. Energy-flow response models for evaluation of altered riparian vegetation in three southeast Alaskan streams. Water Reserarch. 23: 965-974 pp.

Dyer, S.D.; Peng, C; MacAvoy; Fendinger, P.M et al .2003. The influence of untreated wastewater to aquatic communities in the Balatuin river, the Phillippines . *Chemosphere,* Kidlington, 52: 43-53.

Dyer, S.D.; White-Hull.; X. Wang; T.D. Johnson & G.J. Carr. 1998. Determining the influence of habitat and chemical factors on instream biotic integrity for a Southern Ohio watershed. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery,* Dordrecht, 6:91-110.

Engelbrecht, B. M. J. & Herz,H. M. 2001. Evaluation of different methods to estimate understorey light condition in tropical Forest. *J. Trop. Ec.* 17: 207-224.

Esteves, F. A. 1998. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 578 pp.

Faria, A. P. & Marques, J. S. 1999. O desaparecimento de pequenos rios brasileiro. *Ciência Hoje*, 25 (146): 56-61.

Fearnside, P. M. 2003. A *floresta amazônica nas mudanças globais*. Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia, Manaus-AM, 134p.

Forsberg, B. R. 1995. Projeto Jaú. Subprojeto: Limnologia e Ecologia aquática. Relatório anual. *Fundação Vitória Amazônica.* 66p.

Franken, W. & Leopoldo, P. R. 1984. Hydrobiology of catchment areas of Central Amazonian forest stream. pp. 501-519. *In:* Sioli, H. & W. Junk (ed.). The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Publ. Dordrecht.

Gilbert, K. & Setz, E.Z.F. 2001. Primates in a Fragmented Landscape – Six species in Central Amazonian. *In:* Bierregaard, R. O. Jr.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E. & Mesquita, R.C.G. (Eds.) Lessons from Amazonia - *The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest.* Pp. 262-270. Yale University Press, New Haven & London. 460 pp.

Gondim, L.1984. O efeito do desmatamento sobre populações de invertebrados aquáticos de um riacho na Amazônia Central. *Dissertação de Mestrado*. INPA/UFAM 106p.

Goulding, M. 1980. The Fishes and the Florest: Explorations in Amazonian Natural History. University of California, California, U.S.A.

Henderson, P. A. & Walker, I. 1986. On the leaf litter community of the Amazonian black water stream tarumãzinho. *Journal of Tropical Ecology* 2:1-17.

IBGE. 2001. Resultados do Universo do Censo 2000: cidade de Manaus, AM. Internet: *www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php.*

Jones, E.B.D.; Helfman, G.S; Harper, J.O; & Bolstad, P.V.1999. Effects of riparian forest removal on fish assemblages in southern Appalachian streams. *Conservation Ecology.* Washington, 13 (6):1454-1465.

Junk, W. J. 1983. As águas da Região Amazônica. pp. 45-100. In: Salati, E.; Junk, W. J.; Schubart, H. O. R. & Oliveira, A. E. (Eds.). Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia. *CNPq/Brasiliense*, São Paulo.

Junk, W. J.; Soares, M.G. & Carvalho, F. M. 1983. Distribution of fish species in a lake of the Amazon river floodplain near Manaus (Lago Camaleão), with special reference to extreme oxygen conditions. *Amazoniana,* 7:397-431.

Kemenes, A. 2000. Fatores influenciando a estrutura trófica e distribuição espacial das comunidades de peixes em igarapés de cabeceira, Parque Nacional do Jaú, AM. *Dissertação de Mestrado*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas. 82p.

Kirovsky, A. L. 2001. Peixes de Igarapés: Conhecer para Proteger. *Ciência Hoje*. 30 (177): 65-69.

Kirovsky, A. L. 1998. Comunidades de peixes de áreas naturais e impactadas por barragens e clareiras artificiais em igarapés da Amazônia Central, AM. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas. 292p.

Knoppel, H. A.1970. Food of Central Amazonian fishes: contribution to the nutrient ecology of Amazonian rainforest streams. *Amazoniana*. II, 257-352.

Kramer, D.L.; Lindsey, C.C.; Moodie, G.E.E. & Stevens, E.D. 1978. The fish and aquatic environmental of Central Amazon basin, with particular reference to respiratory patterns. *Can.J. Zool.,* 56(4):717-729.

Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Benjamin/Cummings. Menlo Park, CA, USA. 620p.

Lawton, J. H.; Gaston, K.J. 2001. Indicator Species. Encyclopedia of Biodiversity. California: Academic Press.

Lemes, E. M. & Garutti, V. 2002. Ecologia da ictiofauna de um córregode cabeceira da bacia do alto rio Paraná, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica*. Porto Alegre, 92(3): 69:78.

Lenat, D.R. & Crawford, J.K. 1994. Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams. *Hydrobiologia,* 294, 185-199.

Lowe-McConnell, R. H. 1987. Ecological Studies in Tropical Fish Communities. Cambridge: Cambridge University Press.

Lowe-McConnell, R. H. 1999. *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. EDUSP, São Paulo. 536 p.

Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Chapman and Hall, New York, 215p.

Malcolm, J. R. 1991. *The small mammals of Amazonian Forest Fragments: Pattern and process*. Ph D. thesis, University of Florida, Gainesville.

Marinho, T. A. da S. & Mesquita, R. de C. G. 2001. Os impactos da urbanização sobre os fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus. Relatório de PIBIC/CNPq/INPA.

Marçal, M.S.; Guerra, A.J.T. 2005. Processo de Urbanização e Mudanças na Paisagem da Cidade de Açailândia (Maranhão). 275-303p. *In:* Guerra, A.J.T & Cunha, S. B. (orgs). 2005. *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. Ed. Bertrand Brasil. 416p.

Martin, R. D. & Segesser, F. 1996. Fragmentation of natural population, genetics and conservation biology. *Almoraima*, 15:311-326.

Martins, C.S. 2000. Estrutura de comunidade da ictiofauna em igarapés da bacia do rio Urubu, Amazônia Central, Brasil. *Dissertação de Mestrado.* Universidade Federal do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas. 49p.

Mendonça, F. P. 2002. Ictiofauna de igarapés de terra firme: estrutura das comunidades de duas bacias hidrográficas, Reserva Florestal Adolfo Ducke, Amazônia Central. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade do Amazonas, Manaus. 43p.

Mendonça, F. P.; Magnusson, W. E. & Zuanon, J. 2005. Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazônia. Copeia, 4: 750–763.

Montag, L.F.A. 2003 Estrutura de habitat e distribuição espacial de peixes em igarapés de terra firme da bacia do rio Urubu, Amazônia Central. *Curso de campo da Floresta Amazônica.* 97-100p.

Mortati, A.F. 2004. Colonização por peixes no folhiço submerso: implicações das mudanças na cobertura florestal sobre a dinâmica da ictiofauna de igarapés na Amazônia Central. *Dissertação de Mestrado*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas. 69p.

Moura, R. C. S. & Rosa, J. F. T. 1990. A questão da saúde na Amazônia. pp. 153-231. *In:* Barros, F. A. F. (Coord.) C7T no Processo de Desenvolvimento da Amazônia. SCT/CNPq/CEST, Brasília-DF.

Nelson, S.M. & Roline, R.A. 1996. Recovery of a stream macroinvertebrate community from mine drainage disturbance. *Hydrobiologia.* 339:73-84pp.

Pardini, R. 2001. Pequenos mamíferos e a fragmentação da Mata Atlântica de Uma, Sul da Bahia – Processo e Conservação. *Tese de Doutorado.* Instituto de Biociências. USP. 125 pp.

Pascoaloto, D. 2001. Características ambientais de cinco igarapés de terra firme em reservas florestais no Estado do Amazonas e sua relação com *Batrachospermum cayennense* (BATRACHOSPERMACEAE, RHODOPHYTA). *Acta Amazonica.* 31(4): 597-606.

Pavanelli, G.C.; Eiras, J.C.; Takemoto, R.M. 1999. *Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento*. Maringá: EDUEM: CNPq: Nupélia. 264p.

PMM, 2005. Prefeitura Municipal de Manaus. www.pmm.am.gov.br. Webpage visitada em 03/02/2006.

Ribeiro, J. E. L. da S.; Hopkins, M. J. G.; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M. A. S.; Brito, J. M.; Sousa, M. A. D.; Martins, L. H. P.; Lohmann, L. G.; Assunção, P. A.

C. L.; Pereira, E. C.; Silva, C. F.; Mesquita, M. R. & Procópio, L. C.1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação* das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. INPA. Manaus, Brasil. 798 p.

Sabino, J. 1999. Comportamento de peixes em riachos: métodos de estudo para uma abordagem naturalística, pp. 183-208. *In*: Caramaschi, E. P.; Mazzoni, R. & Peres-neto, P. R., (eds.). Ecologia de peixes de riachos. *Série Oecologia Brasiliensis*, v. 6. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

Sabino, J. & Castro, R.M.C. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Rev. Brasil. Biol.*, 50:23-26.

Sabino, J. & Zuanon, J. 1998. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Icthyol. Explor. Freshwaters* 8 (3): 201-210.

Salati, E. 1983. O clima atual depende da floresta. pp. 15-44. *In:* Salati, E.; Junk, W.; Schubart, H. O. R. & Oliveira, A. E. (Eds.). Amazônia, desenvolvimento, Integração e Ecologia. *CNPq/Brasiliense*, São Paulo.

Silva, C. P. D. 1992. Influência das modificações ambientais sobre a comunidade de peixes de um igarapé da cidade de Manaus (Amazonas). Dissertação de mestrado. INPA-UFAM, Manaus. 112p.

Silva, C.P.D. 1993. Alimentação e distribuição espacial de algumas espécies de peixes do igarapé do Candirú, Amazonas, Brasil. *Acta amazônica.* 23(2-3): 271-285.

Silva, C.P.D. 1995. Community structure of fish in urban and natural streams in the Central Amazon. *Amazoniana.* XIII (3/4): 221-236.

Silva, E. N. S. & Silva, C. P. D. 1993. A expansão de Manaus como exemplo do processo de extinção de igarapés, pp. 25-42. In: Ferreira, E. J. G., Santos, G. M., Leão, E. L. M. & Oliveira, L. A. (Eds). Bases Cientificas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. Vol. 2 INPA. Manaus.

Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types, pp. 127-165. *In*: Sioli, H. & Junk, W. (Ed.). The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Publ. Dordrecht.

Soares. M.G.M. 1993. Estratégias respiratórias em peixes do Lago Camaleão (Ilha da Marchantaria) – AM, Brasil. PhD Thesis, INPA/FUA, Manaus.

Souza, O.G. de; Schoereder, J.H.; Brown, V. & Bierregaard, R. O. Jr. 2001. A Theoretical Overview of the Processes Determining Species Richness in Forest Fragments. *In:* Bierregaard, R. O. Jr.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E. & Mesquita,

R.C.G. (Eds.) Lessons from Amazonia - *The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest.* pp. 13-21. Yale University Press, New Haven & London. 460 pp.

Stratford, J.A. & Stouffer, P.C. 1999. Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Consrv. Biol.* 13:1416-23.

Thorne, R. S. T. & Williams, W. P. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, 37: 671-686.

Tocher, M. D.; Gascon, C. & Zimmerman, B. L. 1997. Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: A ten-Year study, pp. 199-207. *In*: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. Jr. (Eds.), Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Forest.. *Yale University Press*, New Haven & London.

Val, A. L. & Almeida-Val, V.M.F. 1995. *Fishes of the Amazon and their environmental. Physiological and biochemical aspects.* Springer Verlag, Heidelberg. 224p.

Vásques, C.A.D.1996. Bionomia de Odonata (Insecta) em dois igarapés da Reserva Florestal Adolfo Ducke (Manaus – AM- Brasil). *Dissertação de Mestrado.*INPA/FUA; 84pp.

Velloso, R.; Roven, A. L. N. L. & Crespo, S. 2002. Projeto Geo-Cidades: Relatório Urbano Ambinetal Integrado. Rio de Janeiro. Consórcio Paeceria 21, 188p.

Vieira, V.T.; Cunha, S.B. 2005. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro).11-145p. *In:* Guerra, A.J.T & Cunha, S. B. (orgs). 2005. *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. Ed. Bertrand Brasil. 416p.

Vinatea, L.A. 1997. *Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura.* Florianópolis, Ed. Da UFSC. 166p

Waichman, A.V. & Borges, J. T. 2003. Recursos Hídricos Urbanos – Proposta de um modelo de planejamento e gestão integrada e participativa no município de Manaus – AM. *T & C Amazônia.* Ano 01. Nº 03:40-44 pp.

Walker, I. 1990. Ecologia e biologia dos igapós e igarapés. *Ciência Hoje*, 11 (64): 46-52.

Walker, I. 1991.The Biology of streams as part of Amazonian Forest Ecology. *Experientia*. 43: 279-287.

Walker, I. 1995. Amazonian streams and small rivers, pp. 167-193. *In*: Tundisi, J. G., Bicudo, C. E. M. & Tundisi, T. M. (eds.). Limnology in Brazil. Academy of Sciences and Brazilian Limnological Society. Rio de Janeiro.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4ª edição. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, N.J.663p.

Zuanon, J; Bockmann, F. A. & Sazima, I. 2006. A remarkable sand-dwelling fish assemblage from central Amazonia, with comments on the evolution of psammophily in South american freshwater fishes. *Neotropical Ichthyology.* 4(1): 107-118.