



**Universidade Federal do Amazonas
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação**

Departamento de Apoio à Pesquisa



Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

RELATÓRIO FINAL

PIBIC: PIB-B/0092/2011

**Estudo sobre os fatores que influenciam na distribuição e abundância
da arraia cururu (*Potamotrygon* sp.) e *Paratrygon aiereba* na
confluência do Rio Demeni com o Rio Negro (Amazônia Central)**

Bolsista: Sergio Lucas da Rocha Cunha, CNPq.

Manaus

2012



Universidade Federal do Amazonas
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento de Apoio à Pesquisa



Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

RELATÓRIO FINAL

PIBIC: PIB-B/0092/2011

**Estudo sobre os fatores que influenciam na distribuição e abundância
da arraia cururu (*Potamotrygon* sp.) e *Paratrygon aiereba* na
confluência do Rio Demeni com o Rio Negro (Amazônia Central)**

Bolsista: Sergio Lucas da Rocha Cunha

Orientador: Prof. Dr. Wallice Luiz Paxiúba Duncan

Manaus

2012

RESUMO

As arraias de água doce *Potamotrygon* sp. (arraia cururu, espécie ainda não descrita na literatura) e *Paratrygon aiereba* divergem em termos de habitat, dieta e distribuição. *Potamotrygon* sp. é uma espécie endêmica do Rio Negro e vive nas áreas inundadas da floresta (igapós). *Paratrygon aiereba* é uma espécie que ocorre em todos os tipos de água da bacia amazônica, mas prefere áreas com substratos de fundo arenoso. No presente estudo foram verificadas diferenças em características físicas e químicas da água entre o rio Negro e rio Demeni e a possível influencia que essas diferenças causariam sobre a concentração dos principais solutos do plasma de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* e ainda foi realizada uma estimativa de abundância dessas espécies nos dois rios a partir de pesca experimental por meio de esforço padronizado (CPUE). Além disso, foram verificadas relações entre características morfológicas externas dessas espécies e seus hábitos alimentares. O rio Demeni é um rio de água clara-esverdeada, com pH circuneutro, baixa condutividade e poucos sólidos dissolvidos. O Rio Negro possui águas mais ácidas que o rio Demeni. Apesar das diferenças encontradas entre os tipos de água as concentrações dos principais solutos do plasma dessas espécies capturadas nos dois rios foram semelhantes. Embora preliminar, a pesca experimental realizada reforçou a observação que a *Potamotrygon* sp. não é encontrada com frequência no Rio Demeni. No entanto, em ambos os tipos de água a arraia *P. aiereba* apresentou valores de CPUE similares. As relações entre morfologia e hábitos alimentares encontradas no presente estudo indicam que espécies possuem características morfológicas compatíveis com os seus hábitos alimentares.

Palavras-chave: Potamotrygonidae, Rio Negro, Rio Demeni, Ecomorfologia.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Localização da área de estudo no Rio Negro (círculos) e no Rio Demeni (retângulos).
- Figura 2 Representação esquemática das medidas morfométricas lineares (modificado de Rosa, 1985). Medidas dorsais: comprimento Total (Ct), comprimento do disco (CDi), largura do disco (LDi), comprimento da cauda (CCa), comprimento do espiráculo (CEs), largura do espiráculo (LEs) e distância da margem anterior do disco à região interorbital(RoInt). Medidas ventrais: Largura da boca (LBo), distância entre narinas (DNas), distância da margem anterior do disco à boca (RoLb), comprimento da nadadeira pélvica (CPel), largura da nadadeira pélvica (LPel), comprimento da cloaca (CCLo), comprimento do cláspere (CCLa), largura do cláspere (LCLa).
- Figura 3 **Legenda.**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Média±Desvio Padrão das variáveis físicas e químicas das águas do Rio Negro e Rio Demeni. (*) indica diferença significativa ($P \leq 0,001$, teste *U* de Mann-Whitney)
- Tabela 2 Valores Médios±Desvio Padrão da concentração dos íons Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- , Mg^{+2} , uréia e osmolaridade no plasma das arraia *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* nativas do Rio Negro (RN) e Rio Demeni (RD).
- Tabela 3 Conteúdo estomacal encontrado nos exemplares de *Potamotrygon* sp. (arraia cururu) e *Paratrygon aiereba* do Rio Negro e Rio Demeni, apresentado em porcentagem pelo número (%N), Peso (%W) e frequência de ocorrência (%F.O.). Número de estômagos com conteúdo estomacal (C) e estômagos vazios(V).

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	
2.	OBJETIVOS	
2.1.	Objetivo Geral	
2.2.	Objetivo específico	
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	
3.1.	Área de estudos análises físicas e químicas da água	
3.2.	Unidade de Esforço de Pesca Padronizada (CPUE)	
3.3.	Morfometria	
3.4.	Análise do Conteúdo Estomacal	
3.5.	Composição química do plasma	
3.6.	Análises Estatísticas	
4.	RESULTADOS	
4.1.	Características físicas e químicas das águas do rio Negro e rio Demeni	
4.2.	Composição química do plasma	
4.3.	Unidade de Esforço de Pesca Padronizada	
4.4.	Dieta	
4.5.	Ecomorfologia	
5.	DISCUSSÃO	
5.1.	Caracterização do ambiente e composição do plasma	
5.2.	Densidade Populacional	

5.3.	Ecomorfologia Trófica	
6.	CONCLUSÕES	
7.	REFERÊNCIAS	

1. INTRODUÇÃO

Os diferentes tipos de água da bacia Amazônica atuam como barreiras hidrográficas para dispersão de espécies de arraias de água doce (Potamotrygonidae) (Duncan & Fernandes, 2010). Essa hipótese é reforçada pelo modelo de especiação alopátrica entre *Plesiotrygon iwamae* e *Potamotrygon* sp. proposto por Toffoli, (2006), em que a ausência de mudanças geomorfológicas entre o Rio Negro e Rio Amazonas indicam que as diferenças entre as águas desses rios representam uma barreira geográfica que levou a especiação por adaptação divergente. Por exemplo, *Plesiotrygon iwamae* é restrita a calha do Rio Amazonas (Charvet-Almeida et al., 2005) e *Potamotrygon* sp. é endêmica do Rio Negro (Araujo, 1998). Tais rios são classificados como água branca e água preta, respectivamente.

O Rio Negro é caracterizado como um rio de água preta acida, com poucos sólidos dissolvidos, baixa condutividade e alto teor de carbono orgânico dissolvido (Konhauser et al., 1994). Essas características são diferentes de alguns dos seus tributários de água clara, como o Rio Branco e Rio Demeni. Esses rios possuem um perfil limnológico intermediário aos observados em rios de águas brancas (como o rio Amazonas e o rio Madeira) e os rios de águas pretas (Küchler et al., 2000). O Rio Demeni apresenta águas transparentes com pH circun neutro, poucos sólidos dissolvidos e baixa condutividade (Konhauser et al., 1994).

A maioria dos estudos demonstrando a influência das variáveis abióticas sobre padrões de abundância de elasmobrânquios foi realizada em espécies marinhas. Por exemplo, verificou-se que a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvidos afetam a distribuição e abundância de elasmobrânquios marinhos na Baía de Tomales (Califórnia EUA) (Hopking & Cech Jr, 2003). Poucos estudos foram realizados com espécies de

água doce. Almeida et al. (2009) observaram que a distribuição de *Potamotrygon motoro* e *Potamotrygon orbignyi* na região da Ilha de Marajó (boca do rio Amazonas) estão associadas respectivamente com a salinidade e níveis baixos de condutividade. Nesse contexto, *Potamotrygon* sp. (arraia cururu) é uma espécie com distribuição restrita ao rio Negro (Araujo, 1998). Autores como Wood et al. (2002; 2003) argumentam que os mecanismos osmorregulatórios dessa arraia são semelhantes aos de alguns ciclídeos (teleósteos), espécies tolerantes às águas ácidas e pobres em íons do rio Negro.. No entanto, segundo Charvet-Almeida (2001) *Paratrygon aiereba* possui ampla distribuição, tendo registros de ocorrência no norte da Bolívia, leste do Peru, norte do Brasil (Amazonas e Pará) e Rio Orinoco.

Os potamotrigonídeos são os únicos elasmobrânquios restritos à ambientes de água doce (Compagno & Cook, 1995). A osmorregulação nesse grupo ocorre de forma semelhante à dos teleósteos de água doce e é caracterizada pela baixa concentração de eletrólitos no plasma (Griffith et al., 1973). Nessa família o ganho de água para o meio externo é compensada pela excreção urinária, síntese de uréia diminuída e menor retenção de uréia, Na^+ e Cl^- em relação aos elasmobrânquios marinhos (Thorson et al., 1967; Wood et al., 2002). Diferenças na concentração de íons no plasma de *P. aiereba* capturadas no rio Negro e rio Amazonas foram observadas por Duncan et al., (2009). Nesse sentido, a concentração de eletrólitos nos fluídos corporais de arraias de água doce está relacionada com as características físicas e químicas da água (Duncan et al., 2009). A existência dessa relação sugere que os diferentes tipos de água existentes na bacia amazônica podem representar barreiras hidrográficas para o fluxo de algumas espécies aquáticas. Além disso, é importante considerar a relação com o meio ambiente e dieta como possível influência na distribuição e abundância dessas espécies.

Os hábitos alimentares de *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon* sp. e *P. aiereba* no médio rio Negro foram descritos por Shibuya et al., (2009). Na dieta de *Potamotrygon* sp. foi encontrada uma predominância de insetos e crustáceos e *P. aiereba* é uma espécie considerada piscívora. Diferenças morfoanatômicas nas estruturas relacionadas a estabilização no nado (nadadeira peitoral e cauda) e estruturas que desempenham um papel importante no potencial de utilização de diferentes recursos alimentares (espiráculo, boca e nadadeira pélvica) foram encontradas entre *P. motoro* e *Potamotrygon falkneri* (Lonardoni et al., 2009). Esses autores relacionaram com sucesso essas estruturas aos diferentes hábitos dessas espécies.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Esse estudo objetivou verificar a influência das características físicas e químicas da água sobre a abundância e distribuição de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* entre o rio Negro e rio Demeni e relacionar esses perfis limnológicos (rio Negro versus rio Demeni) com as concentrações dos principais eletrólitos do plasma de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* nativos dos diferentes ambientes aquáticos. Em adição, verificar a relação entre os hábitos alimentares dessas espécies com as suas características morfoanatômicas (índices ecomorfológicos).

2.2. Objetivos Específicos

- Estimar a densidade populacional de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* no rio Negro e no rio Demeni por meio de captura por unidade de esforço (CPUE);

- Verificar a relação entre as características físicas e químicas da água do rio Negro e rio Demeni com as concentrações dos principais eletrólitos do plasma de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba*;
- Verificar a relação entre os hábitos alimentares e características morfoanatômicas externas (índices ecomorfológicos) de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba*.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudos análises físicas e químicas da água

Foram realizadas coletas de água em quatro áreas de pesca distintas, Macaquinho e lago do Carapanaúba no Rio Demeni (00°42'01,1"S; 62°55'11"W e 00°37'59,5"S; 62°55'44,6"W, respectivamente) e Aiuana e lago do Cubá no Rio Negro (00°55'05,0"S; 62°55'44"W e 00°51'14,4"S; 62°56'48,7"W, respectivamente) (Fig. 1). A água foi coletada logo abaixo da superfície (30 cm) em tubos de polietileno que foram armazenados a baixa temperatura para a posterior análise de concentração de íons (Na^+ , K^+ e Ca^{+2}) por fotometria de chama (Digimed® DM-61). De cada local de captura de arraias foram registradas medidas de pH, temperatura (°C), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e sólidos totais dissolvidos (mg/dL) por meio de um aparelho multiparâmetro da marca Consort modelo C535.

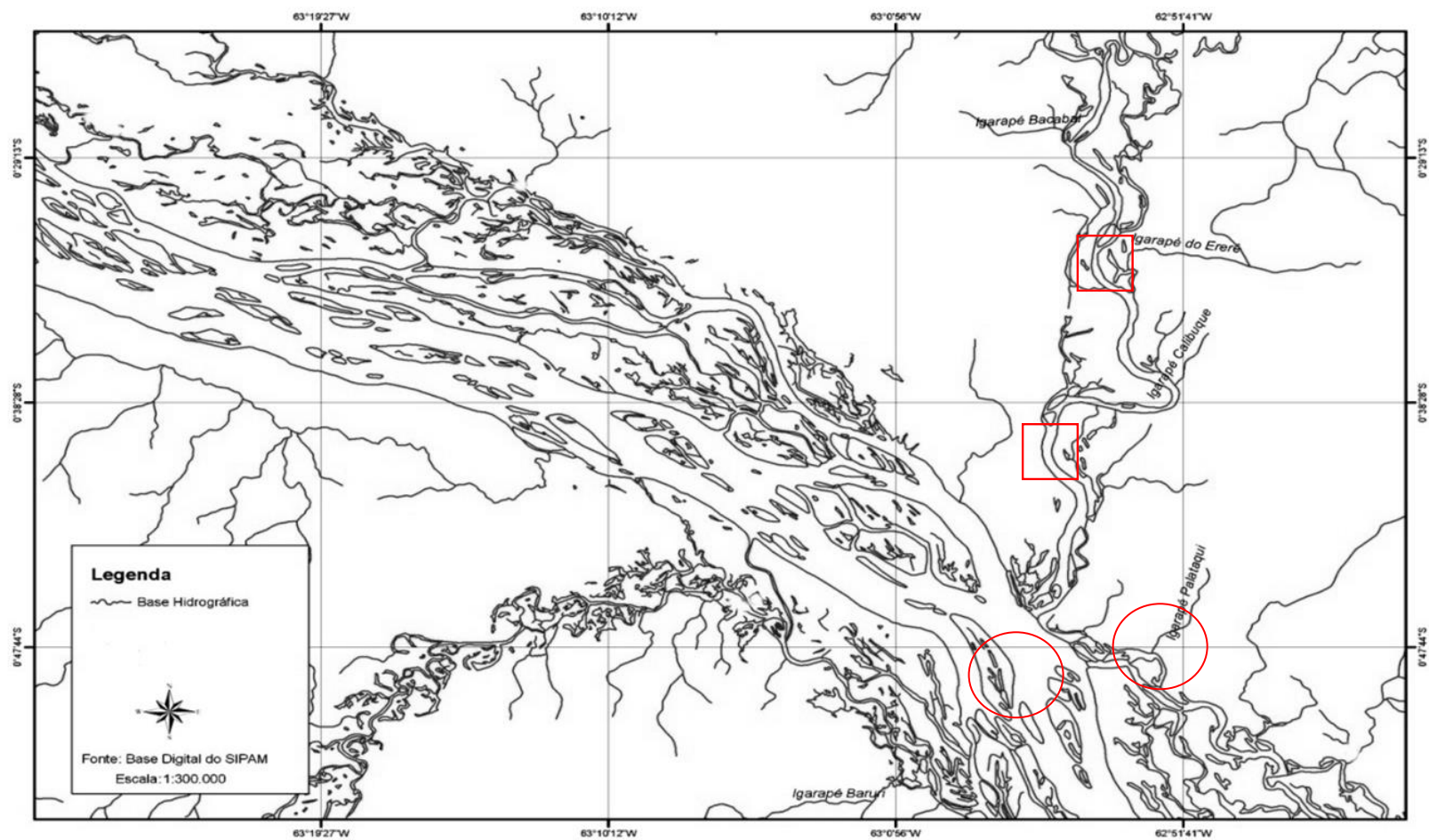


Figura 1. Localização da área de estudo no Rio Negro (círculos) e no Rio Demeni (retângulos).

3.2. Unidade de Esforço de Pesca Padronizada (CPUE)

A pesca experimental foi realizada a noite por meio do rapichés com o uso de lanterna de cabeça. Em todas as áreas de pesca o mesmo pescador de peixes ornamentais da região de Barcelos (Amazonas) conduziu os trabalhos. Para cada animal capturado foram registrado horário, ponto de georreferenciamento, sexo e dados sobre as variáveis físicas e químicas da água. A CPUE é expressa como número de arraias capturadas/pescador/hora.

3.3. Morfometria

As medidas morfométricas lineares (Fig. 2) para cada espécie foram obtidas em campo quando os animais ainda estavam frescos: comprimento total, Ct; Comprimento de disco, Cdi; largura de disco, Ldi; comprimento do espiráculo, CE_s; largura do espiráculo, LE_s; distância da margem anterior do disco à região interorbital, RoInt; largura da boca, Lbo; comprimento do espiráculo, CE_l; largura do espiráculo, LPel; distância entre narinas, DNas; distância da margem anterior do disco à boca, RoLb; comprimento da cauda, CCa; comprimento da cloaca, CClo; comprimento do cláster, CCl_a; largura do cláster, LCl_a e peso úmido, P. As medidas foram obtidas por meio de um paquímetro digital (0,1 mm de precisão) e a massa aferida pela balança da marca Ohaus (Scout-Pro).

As medidas foram log-transformadas e os índices ecomorfológicos abaixo foram calculados de acordo com Lonardoni et al. (2009).

- Comprimento relativo da nadadeira peitoral ($CRPe = CPel/CTo$). Nadadeiras peitorais proporcionalmente grandes indicam forte propulsão na locomoção;
- Comprimento relativo da nadadeira pélvica ($CRPn = CPel/LDi$). A nadadeira pélvica oferece estabilidade e guia no movimento natatório;

- Comprimento relativo da cauda ($CRCa = CCau/CTo$). Atua no equilíbrio do nado e proporciona estabilidade no movimento;
- Largura relativa da boca ($LRBo = LBo/LDi$). A largura da boca está diretamente relacionada ao potencial de amplitude do tamanho da presa.
- Abertura relativa do espiráculo ($AREsp = CEsp*LEsp$). Pode indicar o potencial para entrada de água dentro da câmara branquial, sugerindo um aumento no potencial de tomada de oxigênio da água.

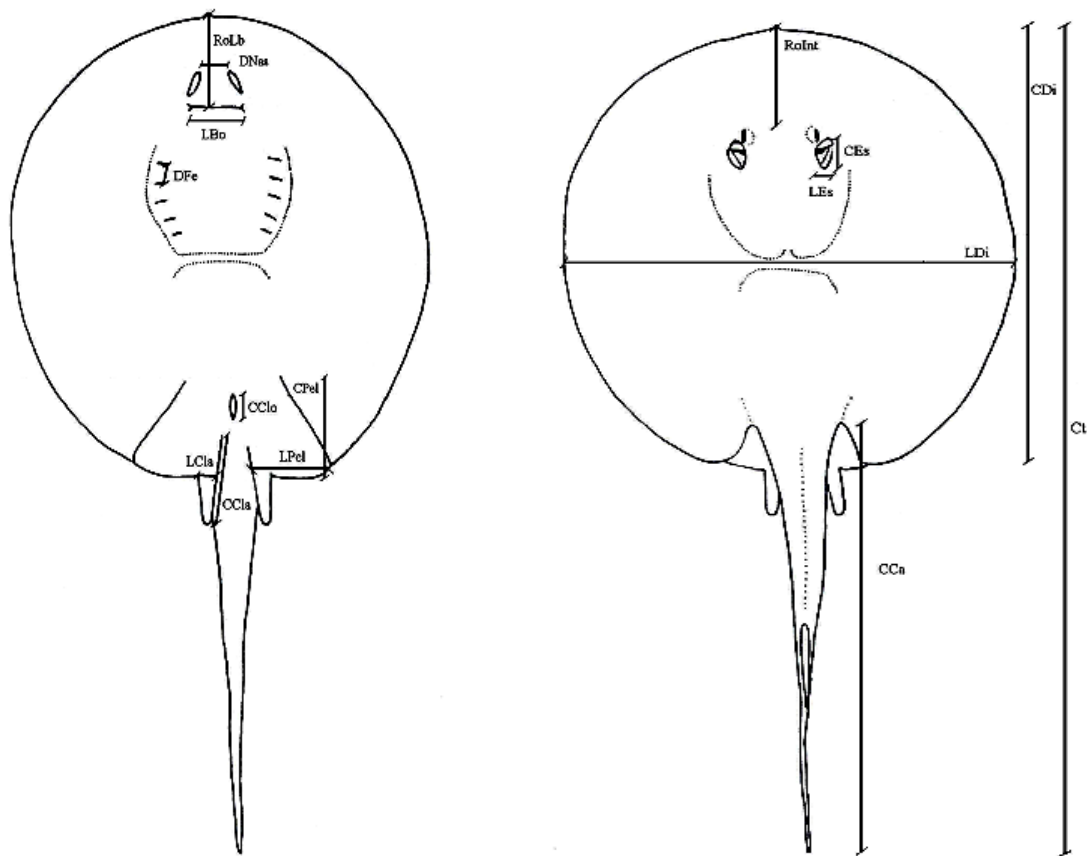


Figura 2. Representação esquemática das medidas morfométricas lineares (modificado de Rosa, 1985). Medidas dorsais: comprimento Total (Ct), comprimento do disco (CDi), largura do disco (LDi), comprimento da cauda (CCa), comprimento do espiráculo (CEs), largura do espiráculo (LEs) e distância da margem anterior do disco à região interorbital (RoInt). Medidas ventrais: Largura da boca (LBo), distância entre narinas (DNas), distância da margem anterior do disco à boca (RoLb), comprimento da nadadeira pélvica (CPel), largura da nadadeira pélvica (LPel), comprimento da cloaca (CCLo), comprimento do cláster (CCLa), largura do cláster (LCla).

3.4. Análise do Conteúdo Estomacal

Os animais foram anestesiados irreversivelmente e os estômagos foram cuidadosamente retirados e fixados em formalina 10% e, posteriormente, foram conservados em álcool a 70%. Obteve-se o cuidado para não induzir estresse nos indivíduos com a finalidade de evitar a expulsão do conteúdo estomacal. Para a análise das variações na composição da dieta das espécies, os recursos alimentares consumidos foram agrupados em 3 categorias de composição ampla, denominadas como: insetos aquáticos, crustáceos e peixes.

Foram adotados os procedimentos utilizados por Shibuya et al. (2009), onde a porcentagem de frequência de ocorrência (%F.O), número (%N) e peso (%W) foram calculados para cada categoria de recurso alimentar de acordo com as seguintes equações:

- Porcentagem da frequência de ocorrência ($\% F.O = 100 \times F_i/n$), onde: F_i é o número de vezes que o item alimentar ocorreu, e o n é o número total de estômagos com o item alimentar.
- Porcentagem pelo número ($\% N = 100 \times N_i/n$), onde: N_i é o número total de um item de um táxon, e n é o número total de itens de todos os táxons.
- Porcentagem de peso ($\% W = 100 \times W_i/n$), onde: W_i é o peso de itens de um táxon em particular, e n é o peso total de itens de todos os táxons.

3.5. Composição química do plasma

Os animais foram anestesiados irreversivelmente e o sangue foi retirado por meio de punção cardíaca. O plasma foi separado por centrifugação e armazenado em baixa temperatura para posterior análise de concentração de íons e osmolaridade. A concentração dos íons Na^+ , K^+ presentes no plasma foi analisada por fotometria de

chama (Digimed® DM-61). As concentrações de Ca^{+2} , Cl^- , Mg^{+2} e ureia plasmáticos foram analisados por meio de “kits” comerciais. O kit Labest® foi utilizado para a determinação quantitativa de Cl^- . Os íons tiocianato combinados com íons férricos presentes no reagente de cor formam tiocianato férrico com coloração amarela e intensidade proporcional à concentração de cloreto. A determinação quantitativa de Mg^{+2} foi obtida a partir da reação que ocorre entre os íons magnésio e o corante de Mann e Yoe em meio alcalino que produz um complexo com intensidade de cor proporcional a concentração de magnésio. Para análise de Ca^{+2} foi utilizado o kit Doles®. O sistema de determinação colorimétrico para o cálcio ocorre através de um complexo corado com Cresolftaleína em meio alcalino. Na determinação de ureia foi utilizado o kit In Vitro®. Na reação de Berthelot, o íon amônio reage com o salicilato e hipoclorito de sódio formando uma coloração verde proporcional à concentração de ureia.

3.6. Análises Estatísticas

Os resultados estão apresentados como média $\pm$ desvio padrão. Os valores de parâmetros físicos e químicos da água do Rio Negro e Rio Demei, índices ecomorfológicos e concentrações de solutos do plasma foram comparados usando o teste *t* de Student. Quando necessário, também foi utilizado o teste de Mann-Whitney (não-paramétrico). Em todos os testes, o nível de significância aceito foi $P < 0,05$.

As relações entre as variáveis morfométricas e itens da dieta foram analisadas por meio da análise de redundância (RDA). Testes de permutações de Monte Carlo foram realizados para determinar a validade dessas associações ($P < 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. Características físicas e químicas das águas do rio Negro e rio Demeni

Os valores encontrados no presente estudo são semelhantes aos encontrados por Duncan & Fernandes, (2010). Esses resultados descrevem a região do rio negro analisada com águas ácidas, com baixa condutividade elétrica e com poucos sólidos dissolvidos. O rio Demeni tem pH circuneutro , é pobre em sólidos dissolvidos e possui baixa condutividade (Tabela 1).

Os valores das variáveis pH, Condutividade, TDS, Temperatura e concentrações de sódio e potássio apresentaram diferenças significativas entre os dois rios ($P \leq 0,001$, teste U de Mann-Whitney). Os valores de concentração de cálcio não apresentaram diferenças significativas entre as medições realizadas nos dois rios ($P=0,740$, teste U de Mann-Whitney).

Variáveis	Rio Negro (N=62)	Rio Demeni (N=38)
pH*	4,4±0,4	5,7±0,4
Condutividade (µS/cm)*	15,0±4,3	11,3±4,3
TDS (mg/dL)*	8,0±2,1	5,9±1,7
Temperatura (°C)*	29,6±0,6	30,4±0,7
[Na ⁺] (mM)*	0,3±0,1	0,6±0,1
[K ⁺] (mM)*	0,4±0,1	0,6±0,1
[Ca ⁺²] (mM)	2,3±0,3	1,7±0,3

Tabela 1. Média±Desvio Padrão das variáveis físicas e químicas das águas do Rio Negro e Rio Demeni.(*) indica diferença significativa ($P \leq 0,001$, teste U de Mann-Whitney)

4.2. Composição química do plasma

Os valores encontrados de concentração dos eletrólitos e uréia analisados em *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* são semelhantes aos descritos (Duncan et al., 2009; Wood et al., 2002), em que os elasmobrânquios restritos a água doce (Potamotrigonidae) possuem concentrações baixas de íons e uréia no plasma em relação aos elasmobrânquios marinhos (Hammerschlag, 2002). As concentrações encontradas dos íons Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- , Mg^{+2} , uréia e osmolaridade são apresentadas na tabela 2.

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de concentração de Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- e Mg^{+2} entre o plasma de *Potamotrygon* sp. nativos do rio Negro e rio Demeni (teste *t* de Student). Contudo, os valores de uréia mostraram diferenças significativas entre os indivíduos dessa espécie coletados nos dois rios ($P=0,003$, teste *t* de Student).

Os exemplares de *P. aiereba* nativos do rio Negro e rio Demeni não apresentaram diferenças significativas nas concentrações dos eletrólitos analisados, uréia e osmolalidade.

Tabela 2. Valores Médios±Desvio Padrão da concentração dos íons Na⁺, K⁺, Ca⁺², Cl⁻, Mg⁺², uréia e osmolaridade no plasma das arraias *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* nativas do Rio Negro (RN) e Rio Demei (RD).

	<i>Potamotrygon</i> sp.		<i>Paratrygon aiereba</i>	
	RN(N=9)	RD (N=2)	RN (N=3)	RD (N=7)
[Na ⁺] (mM)	194±10,3	193±2,0	250±3,4	219,0±10,9
[K ⁺] (mM)	7,0±0,8	6,1±0,05	5,9±0,5	7,3±1,0
[Ca ⁺²] (mM)	0,8±0,2	1,3±0,01	2,6±0,5	1,0±0,3
[Cl ⁻] (mM)	56,9±3,4	72,7±3,9	78,9±1,1	78,6±3,6
[Mg ⁺²](mM)	0,09±0,01	0,9±0,08	1,0±0,1	1,2±0,1
Uréia (mmol/L)	0,8±0,3	4,5±0,2	1,7±0,9	4,2±0,6
Osmolalidade (mOsmol/kg)	293±46,3	518,0±0	506,5±165,5	328±37,6

4.3. Unidade de Esforço de Pesca Padronizada

A pesca com unidade de esforço padronizada em arraias capturadas/pescador/hora (CPUE) de *Potamotrygon* sp foi conduzida em duas áreas em cada rio. No Rio Negro ocorreu maior frequência de captura dessa espécie com valores de CPUE entre 1,0 e 0,7 arraias capturadas/pescador/hora (00°55'0,5'' S;62°55'44'' W e 00°51'14,4'' S;62°56'45,7'' W, respectivamente). Entretanto, no Rio Demeni em uma das áreas de amostragem não foram capturados nenhum exemplar dessa espécie (00°42'01,1'' S;62°55'11 W) e na outra área onde a pesca ocorreu o valor de CPUE foi 0,3 arraias capturadas/pescador/hora (00°41'55,5''S;62°55'21,9'' W).

A amostragem de *P. aiereba* foi realizada em uma área para cada rio. Foram capturados mais espécimes de *P. aiereba* no rio Demeni, os valores de CPUE entre os rios variaram entre 1,7 e 0,3 arraias capturadas/pescador/hora (00°43'49,1'' S;62°55'44,1'' W e 00°57'0,92'' S;62°56'16,5'' W, respectivamente).

A arraia cururu é usualmente encontrada em florestas alagadas (Igapós), que são locais com água estagnada onde se encontra uma grande variedade de espécies de peixes e insetos. Os juvenis de *P. aiereba* habitam o entorno de praias com águas rasas e limpas, solo arenoso e onde a vegetação é escassa ou ausente.

4.4. Dieta

Foram analisados os conteúdos estomacais de onze espécimes de *Potamotrygon* sp., nove do Rio Negro e dois do Rio Demeni, e treze de *Paratrygon aiereba*, sendo dois do Rio Negro e onze do Rio Demeni (Tabela 3).

Considerando os recursos alimentares com maior participação em massa da dieta a arraia cururu demonstra um elevado consumo de insetos (55,01%) e crustáceos (28,9%) e *P. aiereba* apresenta um predomínio de peixes (91,71%) na sua dieta.

Em relação a ocorrência e percentual de massa, os itens alimentares que ocorreram com mais frequência nos estômagos analisados também foram os tipos de presa que representaram o maiores percentuais de massa.

Os resultados obtidos sugerem que *Potamotrygon* sp. no rio Negro e rio Demeni possui preferência por insetos e pequenos crustáceos (Palemonidae) na sua dieta e que *Paratrygon aiereba* é uma espécie piscívora.

Tabela 3.Conteúdo estomacal encontrado nos exemplares de *Potamotrygon sp.* (arraia cururu) e *Paratrygonaiereba* do Rio Negro e Rio Demeni, apresentado em porcentagem pelo número (%N), Peso (%W) e frequência de ocorrência (%F.O.). Número de estômagos com conteúdo estomacal (C) e estômagos vazios(V).

	Rio Negro						Rio Demeni					
	<i>Potamotrygon sp.</i>			<i>Paratrygonaiereba</i>			<i>Potamotrygon sp.</i>			<i>Paratrygonaiereba</i>		
	(C=8;V=1)			(C=4; V=1)			(C=1; V=1)			(C=6; V=1)		
Itens	%N.	%W.	%F.O.	%N.	%W.	%F.O.	%N.	%W.	%F.O.	%N.	%W.	%F.O.
Peixes	6,4	16	50	80	99,7	100				82,3	91,7	100
Insetos	60,2	55	87,5							11,7	0,4	16,6
Crustáceos	33,3	28,9	50	20	0,2	25	100	100	100	5,8	7,8	16,6

4.5. Ecomorfologia

A análise de correspondência canônica (ACC) sugere que os índices ecomorfológicos obtidos a partir das medidas morfométricas de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* estão relacionados com os hábitos alimentares verificados nessas espécies (Figura 3).

A predominância de peixes na dieta de *Paratrygon aiereba* está aparentemente associada à largura relativa da boca (LRBo), comprimento relativo da cauda (CRCa) e comprimento relativo da nadadeira peitoral (CRPe). Essas características acentuadas nessa espécie permitem o estabelecimento de uma dieta piscívora tendo em vista que em síntese é necessário equilíbrio do corpo, movimentos rápidos em curta distância e compatibilidade entre o tamanho da boca e dimensões da presa.

Os resultados encontrados sugerem que a utilização de insetos e pequenos crustáceos como principais itens alimentares da dieta de *Potamotrygon* sp. está relacionada com o desenvolvimento destacado do espiráculo e da nadadeira pélvica. A análise de correspondência canônica (ACC) indica que os índices ecomorfológicos abertura relativa do espiráculo (AResp) e comprimento relativo da nadadeira pélvica (CRPn) estão associados ao consumo de insetos e crustáceos.

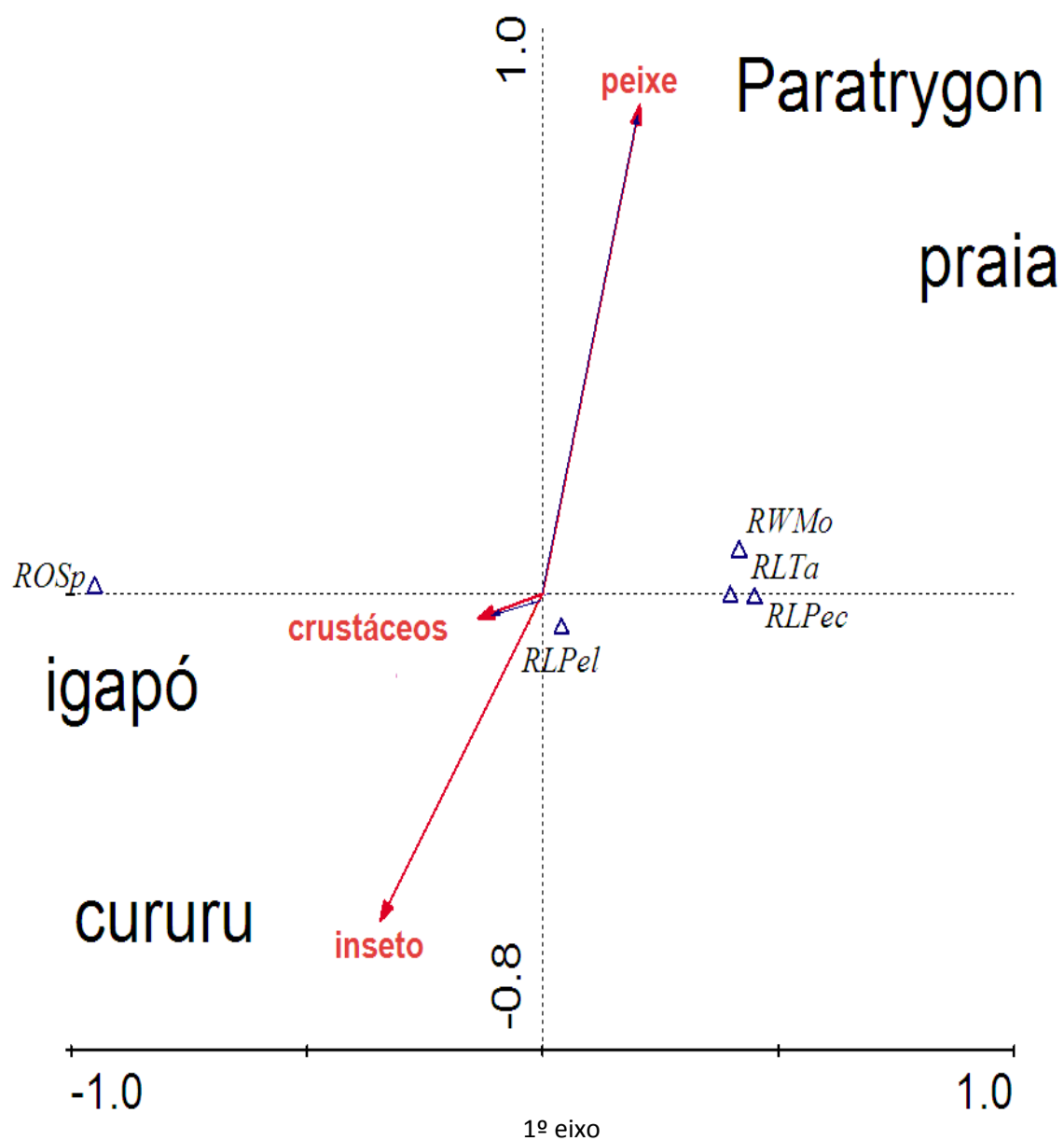


Figura 3. Representação gráfica do 1º e 2º eixos da Análise de redundância (RDA) para as variáveis morfométricas e itens alimentares.

5. DISCUSSÃO

5.1. Caracterização do ambiente e composição do plasma

As variáveis analisadas no rio Negro e rio Demeni caracterizam os dois rios como rios de água preta e clara respectivamente. Os dados obtidos no rio Negro são semelhantes aos encontrados na literatura, esse possui um pH ácido, níveis de sólidos dissolvidos baixos e baixa condutividade (Duncan & Fernandes, 2010; Küchler et al., 2000). O rio Demeni pode ser comparado ao rio Tapajós com pH circun neutro, níveis de sólidos dissolvidos baixos e baixa condutividade (Duncan & Fernandes, 2010).

As concentrações de sólidos totais dissolvidos estão relacionadas com a condutividade elétrica da água tendo em vista que a capacidade de uma solução de conduzir corrente elétrica é associada à concentração de íons (Esteves, 1950). Os valores dessa variável entre o rio Negro e rio Demeni apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,001$, teste U de Mann-Whitney). Os valores inferiores de condutividade e sólidos dissolvidos no rio Demeni provavelmente se devem ao fato desse rio drenar os solos encharcados do escudo Pré-cambriano (Konhauser et al., 1994).

Os valores de pH entre o rio Negro e rio Demeni foram significativamente diferentes ($P \leq 0,001$, teste U de Mann-Whitney). O rio Negro é descrito por Duncan & Fernandes 2010 como um rio de águas cor de chá acídicas e o rio Demeni possui pH circun neutro. Essas diferenças de acidez entre as águas são explicadas pelas propriedades dos solos (Konhauser et al., 1994). Segundo Fromm, (1990) valores de pH baixo possuem um efeito negativo sobre a reprodução de peixes, podem causar danos para a mucosa das brânquias, perda de sal corpóreo e redução na capacidade de hemoglobina do sangue de transportar oxigênio. Contudo, a arraia cururu, que é uma espécie endêmica das águas ácidas do Rio Negro, parece

ser bem adaptada ao pH do rio Negro e *P. aiereba* aparentemente tolera os diferentes valores de pH devido a sua plasticidade fenotípica.

Na região do médio Rio Negro não ocorrem grandes variações climáticas anualmente (27,9 -25,8 °C), contudo foram encontradas diferenças entre as temperaturas das áreas de pesca entre rios e entre os pontos de coleta no mesmo rio, essas variações encontradas podem ser atribuídas as diferentes temperaturas atmosféricas dos dias de coleta.

Foram encontradas diferenças significativas nas concentrações de Na⁺, K⁺ e de sólidos totais dissolvidos entre as águas do rio Negro e rio Demeni ($P \leq 0,001$, teste *U* de Mann-Whitney). Apesar disso as concentrações dos eletrólitos analisados no plasma de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba* não apresentaram diferenças significativas entre os indivíduos capturados nos dois rios.

Segundo Duncan et al.,(2009) as características físicas e químicas da água estão intimamente relacionadas com a concentração de eletrólitos nos fluídos corporais de potamotrigonídeos. Contudo, é possível que as diferenças existentes entre as águas do rio Negro e rio Demeni não promovam alterações nas concentrações de solutos nos fluídos corporais de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba*.

Foram encontradas diferenças significativas nos níveis de uréia do plasma de *Potamotrygon* sp.. No entanto, em elasmobrânquios a contribuição da uréia para a osmolalidade do plasma é menos de 1% (Hammerschlag, 2006). Duncan et al., (2009) encontrou concentrações de Na⁺, K⁺, uréia e osmolaridade mais elevadas no plasma de espécimes de *P. aiereba* nativas do Rio Amazonas em relação à exemplares dessa mesma espécie capturados no rio Negro. Esses resultados indicam a grande plasticidade fenotípica dessa espécie. Apesar disso, as concentrações dos eletrólitos, uréia e osmolaridade do plasma de *P. aiereba* no rio Negro e rio Demeni não apresentaram diferenças significativas.

Os dados obtidos nesse estudo suportam a possibilidade de que as diferenças físicas e químicas entre o rio Negro e rio Demeni não causam alterações nas concentrações de uréia e dos eletrólitos analisados.

5.2. Densidade Populacional

A pesca com unidade de esforço padronizada realizada para as duas espécies em questão indicam que a espécie *Potamotrygon* sp. possui uma maior frequência no rio Negro, mas existem populações dessa espécie nas proximidades da confluência entre os rios. Os dados obtidos sobre abundância e distribuição de *P. aiereba* são insuficientes para a obtenção de conclusões.

As estimativas de CPUE das duas áreas de Igapós do rio Demeni sugerem uma baixa densidade da arraia cururu naquelas áreas, é importante ressaltar que na área de amostragem mais distante da confluência entre os rios nenhum espécime de *Potamotrygon* sp. foi capturado. Esses dados são reforçados pelas evidências fisiológicas que indicam que a exposição dessa espécie à água com características físicas e químicas semelhantes ao do Rio Demeni provoca efeitos negativos sobre os mecanismos osmorregulatórios das brânquias e dos rins (dados ainda não divulgados do projeto PIBIC PIB-B 033/2010 “Testando a hipótese da barreira hidrográfica: Estudo dos efeitos da exposição à água do Rio Branco sobre a osmorregulação da arraia cururu, *Potamotrygon* sp. (Elasmobranchii: Potamotrigonidae)”). Além disso, segundo Wood et al., (2002) a arraia cururu possui mecanismos osmorregulatórios adaptados à sobrevivência em águas extremamente diluídas do rio Negro.

A espécie *P. aiereba* apresentou maior frequência de captura no rio Demeni, entretanto não é possível inferir que existe diferença na abundância dessa espécie devido a sua larga distribuição e a amostragem insuficiente do presente estudo.

Em resumo, as informações obtidas a partir da pesca com unidade de esforço padronizada não permitem estimar diferenças na distribuição e abundância dessas espécies entre o rio Negro e rio Demeni, contudo a aparente escassez de *Potamotrygon* sp. em uma das áreas de pesca (mais distante da confluência entre os rios) pode indicar que essa espécie é menos abundante no rio Demeni.

5.3. Ecomorfologia Trófica

A ecomorfologia é o estudo das relações entre a forma de um organismo e sua interação com o meio ambiente, que age sobre o fenótipo selecionando os organismos considerando-se os recursos naturais disponíveis (Norton et al., 1995; Winemiller, 1995). Nesse contexto, os resultados obtidos indicam a existência de correlação entre os índices ecomorfológicos e preferências alimentares de *Paratrygon aiereba* e *Potamotrygon* sp, sendo a largura relativa da boca, comprimento relativo da cauda e comprimento relativo da nadadeira peitoral associados com os hábitos alimentares de *P. aiereba* e comprimento relativo da nadadeira pélvica e abertura relativa do espiráculo associados a dieta de *Potamotrygon* sp.. Essas características morfológicas devem influenciar na eficiência da exploração dos recursos naturais por essas espécies.

Arrais de água doce (Potamotrigonidae) apresentam a boca localizada na superfície ventral do corpo e o tamanho dessa estrutura é proporcional ao tamanho dos itens alimentares consumidos (Winemiller, 1991). Em *Paratrygon aiereba* a largura relativa da boca aparentemente favorece a utilização de presas maiores como peixes.

Segundo Lonardon et al., (2009) o comprimento relativo da cauda confere estabilidade no movimento de potamotrigonideos. No presente estudo foi verificado que esse índice ecomorfológico está associado ao consumo de peixes encontrado predominantemente

em *Paratrygon aiereba*. Essa característica morfológica é compatível com a utilização de presas com grande capacidade evasiva (peixes).

As arrais de água doce (Potamotrigonidae) utilizam em geral a propulsão produzida pelas nadadeiras peitorais como principal forma de locomoção (Shibuya, 2009). Essa estrutura é muito desenvolvida nesse grupo e é responsável principalmente pela propulsão e direcionamento no nado (Compagno, 1990; Lonardoni et al., 2009;), as dimensões dessa estrutura são proporcionais a capacidade de produção de movimentos rápidos em curtas distâncias (Lonardoni et al., 2009). Nesse sentido, a relação verificada entre o comprimento relativo da nadadeira peitoral e o hábito alimentar piscívoro encontrado em *Paratrygon aiereba* sugere que essa característica morfológica interfere diretamente na captura de presas. No entanto é importante ressaltar que a utilização de peixes na dieta de potamotrigonídeos não é freqüente (Garrone Neto & Uieda, 2011), isso se deve provavelmente ao tipo de tática de caça usualmente utilizada nesse grupo (Garrone Neto & Sazima, 2009). Garrone Neto & Sazima, (2009) verificaram como tática mais comum em *Potamotrygon motoro* e *Potamotrygon falkneri* a ondulação da nadadeira peitoral para perturbar o substrato, revelando as presas aderidas ao substrato. Contudo, para a caça de peixes a tática utilizada é investir contra as presas concentradas no raso (Garrone Neto & Sazima, 2009).

Apesar da importância verificada das nadadeiras peitorais em potamotrigonídeos as nadadeiras pélvicas desenvolvem um papel importante na alimentação ao auxiliar no forrageamento durante a apreensão da presa, quando essas não estão próximas a boca (Shibuya, 2009) e na diminuição dos distúrbios no substrato na aproximação furtiva às presas (Montgomery & Bodznick, 1999). Portanto, a ocorrência dessas estruturas mais desenvolvidas em *Potamotrygon* sp. sugere que essa espécie possui um controle mais acurado no posicionamento do corpo em relação à presa no processo de abocanhamento da presa, o que

favorece o consumo de insetos e pequenos crustáceos (Palemonidae), itens alimentares menores com pouca capacidade evasiva.

O espiráculo é a primeira fenda branquial modificada responsável pela capacidade de proporcionar entrada de água na câmara branquial (Rand 1907 *apud* Lonadorni et al., 2009). Além disso, essa estrutura também está relacionada com a alimentação da arraia marinha *Dayatis americana* e de arraias de água doce (Potamotrigonidae) ao se contrair e expandir expulsando sedimentos no momento da caça de presas aderidas ao substrato (Aguiar, 2005; Garrone Neto & Sazima, 2009). Nesse contexto, o desenvolvimento destacado dessa estrutura em *Potamotrygon* sp. indica que essa espécie explora de forma eficiente recursos alimentares aderidos ao substrato (insetos) e ainda potencializa a capacidade respiratória, permitindo a exploração de ambientes pobres em oxigênio dissolvido.

Os resultados encontrados sugerem que as estruturas morfológicas analisadas estão associadas aos hábitos alimentares de *Paratrygon aiereba* e *Potamotrygon* sp.. Permitindo que essas espécies explorem os recursos naturais presentes no ambiente de forma eficiente, favorecendo no sucesso de captura de suas diferentes presas. Entretanto, é importante destacar que os dados obtidos não são conclusivos, ainda são necessários estudos de ecomorfologia e comportamento de forrageio para melhor esclarecer a importância das estruturas morfológicas dessas espécies para utilização dos seus diferentes recursos alimentares preferenciais.

6. CONCLUSÕES

- A despeito das diferenças físicas e químicas verificadas entre o rio Negro e rio Demeni as concentrações dos principais solutos do plasma de *Paratrygon aiereba* e *Potamotrygon* sp. capturadas nos diferentes rios não foram diferentes;
- A partir da pesca com unidade de esforço padronizada realizada foi verificada uma maior frequência de captura de *Potamotrygon* sp. no rio Negro. No entanto a amostragem realizada é insuficiente para afirmar que essa espécie é menos abundante no rio Demeni;
- A pesca com unidade de esforço padronizada de *Paratrygon aiereba* verificou uma maior frequência de captura no rio Demeni. A despeito disso, essa espécie é amplamente distribuída e a amostragem realizada não permitiu inferir sobre diferença na abundância dessa espécie entre os dois rios;
- Os resultados encontrados indicam que existem relações entre hábitos alimentares e características morfoanatômicas externas (índices ecomorfológicos) de *Potamotrygon* sp. e *Paratrygon aiereba*. Essas espécies possuem características morfológicas compatíveis com os seus hábitos alimentares, favorecendo no sucesso de captura de suas diferentes presas.

7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.A. 2005. **Estrutura e densidade populacional e uso de habitat por *Dasyatis Americana* Hildebrand e Schroeder, 1928 (Chondrichthyes; Dasyatidae) no arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brazil. 74p.
- ALMEIDA, M.P.; BARTHEM, R.B.; VIANA, A.S.; CHARVET-ALMEIDA, P. 2009. **Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) at Marajó Island, mouth of the Amazon River.** Pan-American Journal of Aquatic Science 4(1):1-11.
- ARAÚJO, M.L.G. 1998. **Biologia reprodutiva e pesca de *Potamotrygon* sp (Chondrichthyes – Potamotrygonidae) no Médio Rio Negro, Amazonas.** Dissertação de mestrado. PPG-BTRN-Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas (INPA/FUA). Manaus, 164p.
- ARAÚJO, M.L.G. 1998. **Biologia reprodutiva e pesca de *Potamotrygon* sp (Chondrichthyes – Potamotrygonidae) no Médio Rio Negro, Amazonas.** Dissertação de mestrado. PPG-BTRN-Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas (INPA/FUA). Manaus, 164p.
- CHARVET-ALMEIDA, P.; ARAÚJO, M.L.G.; ALMEIDA, M.P. 2005. **Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin.** Journal of the Northwest Atlantic Fishery Science, 35: 165-171.
- COMPAGNO, L.J.V. 1990. **Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space.** Environmental Biology of Fishes, 28(1-4):34-75.
- COMPAGNO, L.J.V.; COOK, S.F. 1995. **The exploitation and conservation of fresh elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future.** Journal of Aquaculture and Aquatic Science, 7:62-90.
- DUNCAN, W. L. P., COSTA, O. T. F., ARAÚJO M. L. G., FERNANDES M. N. 2009. **Ionic regulation and $\text{Na}^+\text{-K}^+$ - ATPase activity in gills and kidney of the freshwater stingray *Paratrygon aireba* living in white and black waters in the Amazon Basin.** Journal of Fish Biology, 74:956-960.

- DUNCAN, W.P.; FERNANDES, M.N.2010. **Physicochemical characterization of the white, black, and clearwater rivers of the Amazon Basin and its implications on the distribution of freshwater stingrays (Chondrichthyes, Potamotrygonidae).** Pan-American Journal of Aquatic Sciences,5(3):454:464.
- ESTEVES, F. A.;1950. **Fundamentos de Limnologia.**2ª ed.- Rio de Janeiro, Interciência, 1998.
- GARRONE NETO, D. & SAZIMA, I. 2009. **Stirring, charging, and picking: hunting tactics of potamotrygonid rays in the Upper Paraná River.** Neotropical Ichthyology, 7(1):113-116.
- GARRONE NETO, D. & UIEDA, V.S. 2009. **Ingestion of catfish by freshwater stingray: possible mistake or inexperience.** Biota Neotropica. 9(4).
- GRIFFITH, R.W., PANG, P.K.T., SRIVASTAVA, A.K. & PICKFORD, G.E. 1973.**Serum composition of freshwater stingrays (Potamotrygonidae) adapted to fresh and diluted sea water.** Biological Bulletin,144-304-320.
- HAMMERSCHLAG, N. 2006. **Osmoregulation in elasmobranchs: a review for fish biologists, behaviourists and ecologists.** Marine and freshwater Behavior and Physiology,39(3):209-228.
- HOPKINS, T.E.; CECH Jr., J.J. 2003. **The influence of environmental variables on the distribution and abundance of three elasmobranchs in Tomales Bay, California.** Environmental Biology of Fishes,66:279-291.
- KONHAUSER, K.O.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I.1994. **Multi-element chemistry of some Amazonian water and soils.** Chemical Geology,111:155-175.
- KÜCHLER, I.L.; MIEKELY, N.; FORSBERG, B.R. 2000. **A Contribution to the Chemical Characterization of Rivers in the Rio Negro Basin, Brazil.** Journal Brazilian Chemical Society,11:286-292.
- LONARDONI, A.P.; OLIVEIRA, E.F.; GOULART, E. 2009. **Trophic ecomorphology of *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes - Potamotrygonidae) on the upper Paraná river floodplain, Brazil.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 4(4):436-445.

- MONTGOMERY, J.C. & BODZNICK, D. 1999. **Signals and noise in the elasmobranch electrosensory system.** Journal of Experimental Biology, 202: 1349-1355.
- NORTON, S.F., LUCZKOVICH, J.J. & MOTTA, P.J.. 1995. **The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes.** Environmental Biology of Fishes, 44(1-2):287-304.
- RAND, H.W. 1907. **The functions of the spiracle of the skate.** The American Naturalist, XLI(495):287-302.
- SHIBUYA, A. 2009. **Morfologia Funcional dos Mecanismos de Alimentação em raias Myliobatoidei, com ênfase em espécies de Potamotrygonidae do Médio Rio Negro.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior-Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA). Manaus, 142p.
- SHIBUYA, A.; ARAÚJO, M. L. G.; ZUANON, J. A. S. 2009. **Analysis of stomach contents of freshwater stingrays (Elasmobranchii, Potamotrygonidae) from the middle Negro River, Amazonas, Brazil.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 4(4):466-475.
- THORSON, T.B., COWAN, C.M. & WATSON, D.E. 1967. **Potamotrygon spp.: elasmobranchs with low urea content.** Science, 158:375-377.
- WINEMILLER K. O. 1991. **Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions.** Ecological Monographs, 61(4): 343-365.
- WINEMILLER, K.O., WINEMILLER, L.C.K. & BRENKERT A.L. 1995. **Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes.** Environmental Biology of Fishes, 44:235-261.
- WOOD, C. M., MATSUO, A. Y. O., GONZALEZ, R. J., WILSON, R. W., PATRICK, M. L. & VAL, A. L. 2002. **Mechanisms of ion transport in Potamotrygon, a stenohaline freshwater elasmobranch native to the ion-poor blackwater of the Rio Negro.** Journal of Experimental Biology, 205:3039-3054.