

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE CARBOIDRATOS DIGESTÍVEIS EM
DIETAS PARA PACU, *Piaractus mesopotamicus*
(HOLMBERG, 1887)**

Adriana Patricia Muñoz Ramírez

Orientador: Prof. Dr. Dalton José Carneiro

Tese apresentada ao Centro de Aquicultura - Unesp,
Campus de Jaboticabal, como parte das exigências
para a obtenção do título de Doutor em Aquicultura.

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
Março de 2005

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADRIANA PATRICIA MUÑOZ RAMÍREZ - nascida em 29 de julho de 1972, em Bogotá D.C., Colômbia, é Zootecnista formada pela *Universidad Nacional de Colombia* - Bogotá D.C., em dezembro de 1996. Obteve o grau de Especialista em Aqüicultura - Águas Continentais pelo *Instituto de Acuicultura de los Llanos* da *Universidad de los Llanos* - Villavicencio, Colômbia, em dezembro de 1998. Realizou Mestrado e Doutorado em Aqüicultura no Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, onde defendeu a dissertação em março de 2001 e a tese em março de 2005.

Nasceste no lar que precisavas, vestiste o corpo físico que merecias. Moras onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com teu adiantamento. Possuis os recursos financeiros coerentes com as tuas necessidades, nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas. Teu ambiente de trabalho é o que elegeste espontaneamente para a tua realização. Teus parentes, amigos são almas que atraíste, com tua própria afinidade. Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle. Tu escolhes, recolhes, eleges, atraís, buscas, expulsas, modificas tudo aquilo que te rodeia a existência. Teus pensamentos e vontade são a chave de teus atos e atitudes... São as fontes de atração e repulsão na tua jornada vivência. Não reclames nem te faças de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos. Reprograma tua meta, busca o bem e viverás melhor. Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim. Bênção de Deus. “Estarei com Deus, passarei pela tua casa e levarei todos os teus problemas”. Chico Xavier

“Dicen los que conocen la montaña que en ella se gana paz, se está cerca al paraíso y uno se renueva... dicen que en la montaña la gente se ayuda, se colabora porque todos son iguales. Dicen que en la montaña se ganan amigos para siempre, y así lo creemos”.

Autor Anônimo (Nevado del Cocuy - Colômbia, 2005)

DEDICATÓRIA

À minha querida família: Meus pais Lauro e Amparo, meus irmãos Mechas e Juan Pablo, meu sobrinho Kike e meu cunhado Carlos (*In memoriam*), pela força, coragem e apoio nos momentos mais difíceis e pela alegria e carinho nos melhores instantes da minha vida. Embora distantes, sempre perto do meu saudoso coração ...!

Nana

ORACIÓN DEL PROFESIONAL

Nuestro Señor:

Comienza un nuevo día, y como
siempre pongo en tus manos mi trabajo.

Ayúdame a realizar con éxito mi labor de hoy,
dame fuerza, optimismo, poder de convicción;
sobre todo constancia y entrega a mi trabajo.

Además de mis éxitos, que es fácil
ofrecerte, te ofrezco Señor también
mis desilusiones, mis esperanzas inútiles,
mis citas canceladas y mi cansancio estéril.

Convénceme Señor que ningún trabajo es perdido
y que mañana cosecharé gozoso los fracasos de hoy.

Te doy gracias por mi hermosa profesión,
pues es mi trabajo un servicio con integridad y alegría.

Inflama tú mis ímpetus y mentalidad de triunfo,
pero consérvame siempre sencillo y dispuesto
al servicio, a la colaboración y al compañerismo.

En tu nombre me lanzo a la lucha hoy.

Gracias Dios mío por tu apoyo constante.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pela orientação neste maravilhoso caminho da aprendizagem. Serei sempre grata a ele e a sua família pela amizade, paciência, confiança e incondicional apoio nestes inesquecíveis anos no Brasil.

Aos Doutores membros da Banca Examinadora, pelas contribuições nas correções e sugestões, que permitiram o aprimoramento deste trabalho.

À Profa. Dra. Elisabeth Criscoulo Urbinati e aos amigos do Laboratório Morfologia e Fisiologia Animal da FCAV - Jaboticabal, pelo apoio nas coletas e realização de análises.

Ao Prof. Dr. Gilberto Moraes e à Profa. Dra. Lícia Maria Lundsted do Laboratório de Bioquímica Adaptativa do Departamento de Genética e Evolução, da Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil, pela amizade, orientação e colaboração nas análises enzimáticas e de metabolismo.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Nutrição Animal (LANA) - FCAV, UNESP, pela orientação na realização das análises bromatológicas.

Aos inesquecíveis estagiários “meus anjos”, mestrandos e doutorandos do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, pelo convívio e desinteressada amizade, pela ajuda constante nos bons tempos e também nos tempos ruins.

Aos meus colegas de Pós-graduação do CAUNESP, os quais eu não poderia nomear um a um: aqueles de lindo sotaque, aqueles de imenso sorriso, aqueles de grande coração, pois sem vossas presenças este tempo longe da minha terra não teria sido tão especial.

À minha grande e inesquecível amiga Elmita e a sua família, quem com suas palavras e apoio constante me ensinou o valor da verdadeira e desinteressada amizade. Não há palavras suficientes para expressar a gratidão pelos bons momentos que ficaram eternamente no meu coração.

Aos amigos da família Facco, que com constante carinho me cuidaram e me acompanharam ao longo dos anos que passei longe do meu país.

Aos meus queridos amigos colombianos, pois com eles compartilhei momentos que fizeram as saudades da minha bela terra, Colômbia, fossem transformadas em sentimentos de esperança, alegria e paz.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Aqüicultura, pela contribuição à minha formação profissional, e ao pessoal do Centro de Aqüicultura da UNESP, pela sua amizade, paciência e constante colaboração.

À empresa CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil) pelo fornecimento das fontes de carboidratos, pela realização das análises de açúcares e minerais e pelo auxílio financeiro concedido.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, programa PEC/PG (Brasil) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Brasil, às suas maravilhosas, alegres e simples pessoas, sempre grata por fazer possível a realização dos meus sonhos.

SUMÁRIO

UTILIZAÇÃO DE CARBOIDRATOS DIGESTÍVEIS EM DIETAS PARA PACU, <i>Piaractus mesopotamicus</i> (HOLMBERG, 1887)	<i>i</i>
DIGESTIBLE CARBOHYDRATE UTILIZATION ON DIETS FOR PACU, <i>Piaractus mesopotamicus</i> (HOLMBERG, 1887)	<i>iii</i>
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
<i>Importância biológica da espécie</i>	3
<i>Estrutura dos carboidratos</i>	4
<i>Carboidratos e hábito alimentar</i>	6
<i>Estudos sobre a utilização de carboidratos como fonte de energia não protéica em peixes</i>	7
REFERÊNCIAS	11
CAPÍTULO II	19
DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES E ENERGIA DE DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES E NÍVEIS DE CARBOIDRATOS PARA O PACU	19
Resumo	21
Abstract	22
Introdução	23
Material e métodos	25
<i>Material biológico e manejo</i>	25
<i>Dietas experimentais</i>	26
<i>Composição química centesimal</i>	28
<i>Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente</i>	29
<i>Delineamento experimental e análise estatística</i>	29
Resultados e discussão	30
Agradecimentos	38
Referências	38
CAPÍTULO III	43

CRESCIMENTO DE JUVENIS DE PACU <i>Piaractus mesopotamicus</i> ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES DE CARBOIDRATOS.....	43
Resumo	45
Abstract.....	46
Introdução	47
Material e métodos.....	49
<i>Dietas experimentais</i>	<i>49</i>
<i>Composição química centesimal</i>	<i>51</i>
<i>Ensaio de crescimento.....</i>	<i>52</i>
<i>Parâmetros avaliados</i>	<i>52</i>
Resultados e discussão.....	54
Agradecimentos.....	62
Referências	63
CAPÍTULO IV.....	67
ASPECTOS METABOLICOS E ATIVIDADE AMILÁSICA DE PACU <i>Piaractus mesopotamicus</i> ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE CARBOIDRATOS	67
Resumo	69
Abstract.....	70
Introdução	71
Material e métodos.....	74
<i>Condições e dietas experimentais</i>	<i>74</i>
<i>Composição química centesimal</i>	<i>77</i>
<i>Coleta do material biológico.....</i>	<i>78</i>
<i>Determinação dos índices corporais.....</i>	<i>78</i>
<i>Estudo de atividade enzimática.....</i>	<i>78</i>
• <i>Preparação dos homogeneizados celulares (extrato enzimático):.....</i>	<i>78</i>
• <i>Determinação da atividade amilásica.....</i>	<i>79</i>
<i>Determinação dos intermediários metabólicos</i>	<i>79</i>
• <i>Preparação dos extratos celulares neutros:</i>	<i>79</i>
• <i>Glicose.....</i>	<i>80</i>
• <i>Colesterol.....</i>	<i>80</i>
• <i>Triglicerídeos.....</i>	<i>80</i>
• <i>Ácidos graxos livres.....</i>	<i>81</i>
• <i>Proteína total</i>	<i>81</i>
• <i>Aminoácidos livres.....</i>	<i>82</i>
• <i>Glicogênio</i>	<i>82</i>
<i>Delimitação experimental e análise estatística.....</i>	<i>83</i>
Resultados e discussão.....	83
<i>Crescimento e índices corporais</i>	<i>83</i>
<i>Atividade amilásica.....</i>	<i>87</i>
<i>Intermediários metabólicos</i>	<i>91</i>
Agradecimentos.....	96

Referências	96
ANEXOS	102

**UTILIZAÇÃO DE CARBOIDRATOS DIGESTÍVEIS EM DIETAS PARA PACU,
Piaractus mesopotamicus (HOLMBERG, 1887)**

RESUMO - O valor nutricional dos vários tipos de carboidratos parece estar relacionado com sua complexidade. A utilização quantitativa e qualitativa de sete diferentes fontes de carboidratos (amido de milho regular, amido de milho ceroso, amido de milho regular pré-gelatinizado e modificado, fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada, dextrina, maltodextrina e glicose-dextrose) em dietas para o pacu foi estudada, para verificar o efeito sobre o desempenho, eficiência nutricional, metabolismo energético e atividade amilásica no trato gastrointestinal. Num ensaio de digestibilidade foram estudadas sete fontes de carboidratos em dois níveis de inclusão (20 e 40%). Utilizaram-se 14 dietas semipurificadas isoprotéicas contendo farinha de peixe, carboximetil celulose, celulose microfina, óleo de soja e suplemento mineral e vitamínico. Para a coleta de fezes utilizaram-se coletores seguindo o sistema Guelph modificado. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, dos nutrientes (proteína bruta, extrato etéreo, extrativo não nitrogenado) e da energia das dietas. No segundo ensaio foi avaliado o crescimento de juvenis de pacu, durante 60 dias em condições de laboratório, utilizando-se 126 peixes com peso médio de $49,1 \pm 8,3$ g. Nos peixes alimentados com sete dietas semipurificadas isoprotéicas peletizadas, contendo 40% de cada uma das fontes de carboidratos foram avaliados os parâmetros de desempenho, composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes e energia. Adicionalmente, três peixes de cada parcela do ensaio de crescimento foram sacrificados e amostras de sangue, fígado, músculo e trato gastrointestinal foram coletadas e processadas. Foram avaliados os índices hepatossomático e viscerossomático e o metabolismo energético por meio da

determinação dos intermediários metabólicos: glicose, colesterol e proteína total plasmática, glicogênio hepático e muscular, triglicerídeos, aminoácidos e ácidos graxos livres plasmáticos, hepáticos e musculares. Determinou-se ainda a atividade amiloidrolítica no estômago, cecos pilóricos, intestino anterior e intestino posterior dos peixes alimentados com as diferentes fontes de carboidratos. Foi observado que a digestibilidade de nutrientes e energia das dietas para pacu foi afetada pela quantidade e processamento das fontes de carboidrato. A utilização de 40% de fontes de carboidratos digestíveis com diferentes graus de complexidade resultou em melhores coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia bruta em dietas para o pacu. No geral, as fontes de carboidratos mais complexas sem gelatinização (amido regular e ceroso), assim como a mais simples (glicose), não se mostraram como boas fontes para a alimentação do pacu. A complexidade das fontes de carboidratos utilizadas no ensaio gerou mudanças no perfil metabólico dos juvenis de pacu encontrando baixo aproveitamento de fontes parcialmente hidrolisadas, como a dextrina, e de açúcares simples como a glicose, com mobilização de metabólitos para incorporá-los em processos de gliconeogênese. O melhor desempenho foi obtido com as dietas contendo fécula pré-gelatinizada e modificada, mas foi observado alto índice hepato-somático, aumento dos lipídeos corporais e elevada concentração de triglicéridos plasmáticos. Foi observada interação entre fontes de carboidratos e região do trato gastrintestinal. Nos cecos pilóricos foram encontrados os maiores valores de atividade amilásica, o estômago mostrou ter a menor atividade e os intestinos (anterior e posterior) apresentaram valores intermediários de atividade. Assim, o melhor desempenho geral dos peixes foi obtido com a fécula de mandioca e o amido pré-gelatinizado e modificado, mostrando o efeito que teve a gelatinização dos carboidratos sobre o crescimento do pacu.

Palavras-Chave: amido, amilase, carboidrato, digestibilidade, metabolismo, *Piaractus mesopotamicus*

DIGESTIBLE CARBOHYDRATE UTILIZATION ON DIETS FOR PACU, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887)

SUMMARY – The nutritional value of many forms of carbohydrates seems to be related to its complexity. The quantitative and qualitative utilization of seven different carbohydrates sources (regular corn starch, waxy corn starch, pregelatinized and modified regular corn starch, modified and pregelatinized cassava starch, dextrin, malt dextrin, and glucose-dextrose) on diets for pacu were studied, aiming to achieve maximum performance efficiency and reduce costs of protein use. Fourteen semi-purified isoproteic pelletized diets were used in a nutrient and energy digestibility trial of the carbohydrate sources, with a basic nutrient composition (fish meal, carboxymethyl cellulose, fine cellulose, soybean oil, mineral, and vitamin supplement) and two levels (20 and 40%) of included carbohydrates sources. Feces of 480 juveniles' pacu (69.6 ± 17.9 g) were collected using collectors according Guelph modified system. Dry matter, nutrients (crude protein, ether extract, and nitrogen free extract), and energy apparent digestibility coefficients of the diets were determined. The second trial, conducted for 60 days in the laboratory, evaluated the growth of juveniles pacu of 126 fishes with average weight of 49.1 ± 8.3 g. The parameters of productive performance, body composition, nutrients, and crude energy utilization efficiency of fish fed semi-purified isoproteic pelletized diets, each containing 40% of the studied carbohydrates sources, were evaluated. On the last trial, three fishes of each plot of the growth trial were sacrificed and samples of blood, liver, muscle, and gastrointestinal tract were collected and processed. The hepatosomatic and visceralsomatic indexes and energetic metabolism were evaluated by determining metabolic mediators: plasmatic glucose, cholesterol and total proteins, hepatic and muscular glycogen, plasmatic triglyceride and

free amino acids, hepatic and muscular free fatty acids. The enzyme study was conducted by assessing amylohydrolitic activity on the stomach, pyloric ceca, upper and lower intestine. Apparent digestibility coefficients (CDa) for dry matter, crude protein, ether extract, nitrogen free extract, and energy were significantly affected by dietary carbohydrate sources. Inclusion level (20 or 40%) affected MS, ENN and EB digestibility. Forty percent inclusion produced better CDaMS and CDaEB than 20%. Significant interactions were observed between sources and levels of carbohydrate CDaEE and CDaENN. In general, pacu did not respond well to the most complex carbohydrate with no gelatinization (regular or waxy starch), as well as glucose. Therefore, best fish general performance was achieved with pregelatinized and modified cassava starch and pregelatinized and modified corn starch (FPgM and APgM), exhibiting benefic effect of carbohydrate gelatinization on pacu's growth. However FPgM diet produced the fattest fish with high hepatosomatic index and higher plasmatic triglycerides. The complexity of the carbohydrate sources stimulated metabolic changes of juveniles' pacu, founding a low use of the partial hydrolyzed sources as dextrin and simple sugar like glucose, with metabolite transport to incorporate them in gliconeogenese processes. Interaction among the carbohydrate sources and gastrointestinal area was observed. The highest values of amylase activity were found in the pyloric ceca. The stomach exhibited the lowest activity, and the intestine (anterior and posterior) presented intermediary values of activity.

Keywords: amylase, carbohydrate, digestibility, metabolism, starch, *Piaractus mesopotamicus*

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Durante a última década, a aqüicultura cresceu mais rapidamente que qualquer outra área da produção animal e é espera-se que este crescimento continue para fornecer pescado para a população mundial em crescimento. Segundo a FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2003), a produção mundial da pesca e da aqüicultura para fornecimento de pescado para a alimentação é atualmente a maior jamais registrada e segue sendo muito importante para a segurança da alimentação mundial, já que proporciona mais do que 15% do total de proteínas animais disponíveis. OSTRENSKY et al. (2000) afirmam que a piscicultura responde por cerca de 61,3% da produção aquícola no Brasil. Em geral, o cultivo da maior parte dos organismos aquáticos depende principalmente de alimentos artificiais. Nas empresas dedicadas ao cultivo em nível semi-intensivo ou intensivo, os gastos com alimentação geralmente constituem a fração mais significativa dentre os custos operacionais, chegando a atingir 70% desse total (TACON, 1989). Portanto, estudos sobre a disponibilidade e exigências de nutrientes e energia pelas espécies aquáticas têm se tornado indispensáveis para o desenvolvimento da aqüicultura, visando diminuir o custo dos alimentos e maximizar sua utilização.

Os custos por unidade de peixe produzido podem ser reduzidos pelo uso de fontes de energia de baixo custo como os ingredientes ricos em carboidratos e lipídios, procurando-se fazer com que o uso das fontes de proteína de alto custo, como a farinha de peixe, seja minimizado, tanto quanto possível. A redução da proteína da dieta ao mínimo nível exigido pode ter conseqüências importantes para o meio ambiente, minimizando os efluentes de nitrogênio e maximizando a economia dos recursos disponíveis por unidade de peixe produzido (HILLESTAD et al., 2001). A inclusão de

fontes de energia não protéica reduz a utilização da fração protéica da dieta para fins energéticos e melhora a sua utilização para o crescimento, num processo conhecido como efeito poupador da proteína ou "protein sparing". Ainda que os lipídeos sejam reconhecidos pelo seu alto valor de energia não protéica para peixes, o baixo custo e a disponibilidade dos carboidratos poderiam privilegiar a sua inclusão em dietas comerciais.

Em estudos de nutrição, os coeficientes de digestibilidade aparente são geralmente utilizados com o objetivo de determinar o valor nutricional dos alimentos (RODRIGUES, 1994). De acordo com McGOOGAN & REIGH (1996), a digestibilidade do ingrediente de um alimento depende, primeiramente, da composição química e também da capacidade digestiva do animal. O conhecimento da digestibilidade das dietas é de extrema importância para o atendimento das exigências nutricionais de uma espécie, sendo que sem os dados de digestibilidade dos nutrientes, a formulação da dieta é dificultada, podendo haver excesso de proteína bruta ou de outro nutriente que eleve à sua ineficácia e incremente o custo de produção, ou em deficiência que pode reduzir as taxas de crescimento e de outras formas, o desempenho do peixe (GONÇALVES & CARNEIRO, 2003).

Os coeficientes de digestibilidade da proteína e energia dos principais alimentos usados nas dietas para pacu foram recentemente estabelecidos (ABIMORAD & CARNEIRO, 2004), sendo necessário conhecer-se também a digestibilidade de fontes purificadas de carboidratos de diferente complexidade, para obter-se informações sobre o aproveitamento qualitativo destas fontes de energia não protéica, e assim formular novas dietas nutricionais e economicamente eficientes. Não existem dados sobre a habilidade do pacu para a utilização dessas fontes de carboidratos para crescimento e seu efeito na digestão, metabolismo energético e atividade enzimática. No entanto, estudos com carboidratos já foram realizados para diversas espécies, os quais encontraram variações nos resultados em consequência de fatores como fotoperíodo (HEMRE et al., 2002b), temperatura (HEMRE et al., 1995), níveis e fontes de carboidratos (BERGOT & BREQUE, 1983); HUNG, 1991; HEMRE & HANSEN, 1998) e processamento dos ingredientes (MOHAPATRA et al., 2003).

Importância biológica da espécie

Mais de 200 espécies de peixes têm sido estudadas mundialmente pelo seu potencial para produção e adaptabilidade a uma grande faixa de temperatura e salinidade (HALVER & HARDY, 2002). Diversas universidades, centros de pesquisa e agências governamentais têm reconhecido os peixes como um grupo de espécies de grande importância zootécnica, gerando inúmeras publicações de pesquisadores de diversos países, orientadas a incrementar o número de espécies cultiváveis e o conhecimento das suas exigências nutricionais.

Segundo SAINT-PAUL (1986), a América do Sul possui a ictiofauna mais rica de todos os continentes, sugerindo que a aquicultura continental poderia ser melhor desenvolvida se fossem usadas as espécies nativas existentes. As espécies do gênero *Colossoma* e *Piaractus*, inseridas na família Characidae, subfamília Serrasalminae, são de grande porte e rápido crescimento. Estas qualidades, associadas à rusticidade e ao hábito alimentar, tornam este grupo alvo da atenção da pesquisa em piscicultura na América Latina. No Brasil, três espécies são utilizadas em piscicultura, quais sejam: tambaqui *C. macropomum* (CUVIER 1818) e pirapitinga *P. brachypomum* (CUVIER, 1818), originárias da Bacia Amazônica, o pacu *P. mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887), originário da Bacia do Alto Rio Paraguai (BARBOSA, 1986; SAINT-PAUL, 1986) e os seus híbridos.

O pacu é uma das espécies mais promissoras da piscicultura brasileira, em função do seu hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, fecundidade elevada, fácil adaptação à alimentação artificial e grande aceitação no mercado, podendo ser explorado em criações comerciais para a pesca esportiva (CASTAGNOLLI & ZUIM, 1985). Vários trabalhos foram realizados com o propósito de avaliar aspectos da biologia e ecologia do pacu em ambiente natural. Foi verificado que o tipo de alimento encontrado no estômago do pacu na natureza é constituído principalmente de folhas, resíduos vegetais e, em menor parte, restos de peixes e/ou moluscos e crustáceos, mostrando que se trata de uma espécie herbívora do tipo podador, com preferência frugívora (SILVA, 1985).

Estrutura dos carboidratos

MELO et al. (1998) descrevem de maneira detalhada a estrutura e funções dos carboidratos. Estes são formados por carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), compondo açúcares simples, amidos, celulose e muitos outros compostos encontrados nos organismos vivos. Na sua forma mais simples, os carboidratos são açúcares chamados de monossacarídeos (ex. glicose, frutose) que podem combinar-se com outros açúcares para formar carboidratos mais complexos. A combinação de dois açúcares simples é definida como dissacarídeo (ex. sacarose, maltose). Os carboidratos que são compostos por dois ou até seis açúcares simples são chamados de oligossacarídeos, e aqueles com maior número de monossacarídeos são denominados de polissacarídeos (ex. glicogênio, amidos de milho e mandioca). Muitos polissacarídeos, diferentemente dos açúcares, são insolúveis em água (ex. celulose).

O **amido de milho** é um dos principais polissacarídeos digestíveis utilizados nas rações comerciais para peixes (RAWLES & LOCHMANN, 2003). A maior parte do amido está composto por 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina; no entanto, o **amido de mandioca** está composto por aproximadamente 17% de amilose e 83 % de amilopectina (GALLANT et al., 1992; INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE, 2005b). Os **amidos cerosos ou “waxy”** têm sido extraídos de mutações especiais das plantas (ex. milho ceroso ou “waxy”, arroz “waxy”). Os grãos do milho ceroso, quando cortados, têm aparência de cera e contêm unicamente cadeias ramificadas de amido que correspondem a quase 99% de amilopectina (INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE, 2005a).

Segundo MELO et al. (1998), a **amilose** é formada por 200 a 20.000 unidades de glicose unidas entre si por ligações glicosídicas do tipo α -1,4, formando uma cadeia helicoidal não ramificada. Entretanto, a **amilopectina** difere da amilose porque é ramificada. Este tipo de estrutura é constituído por cadeias curtas formadas por aproximadamente 30 unidades de glicose unidas à cadeia principal por ligações α -1,6, aproximadamente a cada 20 ou 30 unidades de glicose, que estão unidas entre si por ligações do tipo α -1,4. As moléculas de amilopectina podem conter mais de dois

milhões de unidades de glicose. O INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE (2005a) define a amilose como a responsável pela propriedade geleificante do amido, enquanto que a amilopectina é indicada como a responsável pela sua viscosidade. Segundo RAWLES & LOCHMANN (2003), as diferenças estruturais que caracterizam os amidos podem estar associadas aos diferentes graus de digestão das fontes de carboidratos encontradas nos mamíferos e algumas espécies de peixes.

Uma grande variedade de produtos derivados do amido é utilizada em processos industriais ou para alimentação animal. Os amidos são transformados por hidrólise utilizando ácidos ou enzimas como catalisadores. O INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE (2005a) ilustra os principais produtos obtidos por hidrólise e explica o processo como um rompimento do amido produzindo glicose e polímeros de menor tamanho pela quebra das ligações glicosídicas com liberação de água. Assim, aos produtos resultantes da hidrólise são atribuídos valores de dextrose equivalente (DE), que é um parâmetro relacionado com o grau de hidrólise final. Um produto com grau 100 de dextrose equivalente corresponde ao amido completamente hidrolisado, quer dizer **glicose** pura (dextrose)¹. A dextrose monoidratada é produzida a partir de xaropes com alto grau de dextrose equivalente por cristalização sob resfriamento controlado. A **maltodextrina** é um amido parcialmente hidrolisado e tem valores de dextrose equivalente menores que 20. **Dextroses** comerciais têm valores de dextrose equivalente entre 92 e 99. Segundo o INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE (2005a), a **dextrina** é um amido granular, não ramificado, com moléculas reorganizadas pela conversão termoquímica do amido, o que confere aos grânulos a propriedade de se solubilizar na água fria.

Adicionalmente, MELO (1998) descreve o glicogênio e a celulose como polissacarídeos de grande importância nos estudos de nutrição animal. O **glicogênio** é a forma de armazenamento de glicose nos tecidos animais pelo processo de glicogênese. Quando a glicose não pode ser estocada ou utilizada imediatamente como energia, é convertida em gordura. O glicogênio é um polímero de α -D-glucose idêntico à amilopectina, mas as ramificações no glicogênio são mais curtas (aproximadamente 13

¹ O sinônimo **dextrose** é utilizado referindo-se à direção positiva de rotação (latim “*dexter*” = direita).

unidades de glicose) e mais freqüentes. A **celulose** é um polímero que tem orientação diferente ao amido, formada por cadeias longas e não ramificadas de β -D-glicose. A ausência de cadeias laterais permite às moléculas de celulose estar muito unidas formando estruturas rígidas e resistentes à hidrólise.

ZAMORA (2005) enfatiza a importância dos **amidos modificados e pré-gelatinizados** de milho ou mandioca que são produtos que têm sua estrutura alterada por processos mecânicos ou tratamentos térmicos para estabilizar géis de amidos fabricados sem água quente.

Carboidratos e hábito alimentar

Segundo SOLER-JARAMILLO (1996), os carboidratos são geralmente considerados uma fonte importante de energia na dieta, pelo seu baixo custo, mas é necessário considerar-se cuidadosamente a sua inclusão nas dietas porque os peixes podem apresentar uma baixa utilização e limitada metabolização destes nutrientes. A autora afirma que existem notáveis diferenças na sua digestibilidade, relacionadas às diferentes espécies de peixes, especialmente pela constituição do trato digestório, que está muito relacionado ao tipo de alimentação natural.

Os peixes onívoros ou herbívoros de águas quentes toleram altos níveis de carboidratos na dieta, que são utilizados mais eficientemente como fonte de energia ou, quando em excesso, estocados na forma de lipídeos corporais. Da mesma maneira, os amidos cozidos ou gelatinizados são mais digeríveis e têm um melhor efeito sobre o ganho em peso quando comparados com amidos crus (WILSON, 1994; SHIAU, 1997).

Foi relatado para nove espécies diferentes de peixes, incluindo onívoros, carnívoros e herbívoros, que a taxa de transporte da glicose variou 200 vezes entre as espécies, sendo mais baixa em carnívoros como a truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, média em onívoros como o bagre do canal *Ictalurus punctatus* e alta em herbívoros como a carpa capim *Ctenopharyngodon idella* (HALVER, 1988). Os peixes têm a capacidade de sintetizar glicose a partir de substratos diferentes dos carboidratos, como proteína e lipídeos, num processo denominado gliconeogênese como forma de manter

os níveis circulantes de glicose e transferir energia aos neurônios a partir de aminoácidos e triglicérides (TACON, 1989).

Estudos sobre a utilização de carboidratos como fonte de energia não protéica em peixes

As pesquisas realizadas na área de nutrição de organismos aquáticos são determinantes para a otimização da produção das diferentes espécies cultivadas. A partir dos resultados obtidos poderão ser formuladas dietas com alta qualidade nutricional, de mínimo custo e com baixo impacto ambiental. A maximização da retenção de proteína da dieta para o crescimento é o principal objetivo dos nutricionistas de peixes no desenvolvimento de dietas economicamente eficientes e ambientalmente sustentáveis, estando relacionada com o nível e qualidade da proteína e com a disponibilidade das fontes de energia não protéica como lipídeos e carboidratos (NANKERVIS et al., 2000).

A produção de alimentos extrusados com teor de lipídeos superior a 4% aparentemente tem limitações de ordem técnica nos equipamentos e acessórios utilizados no processo de extrusão. A expansão dos grãos extrusados e o funcionamento dos equipamentos são altamente influenciados pelo nível de amido do alimento. Assim, alimentos com altos níveis de carboidratos solúveis podem gerar reduções do custo da formulação, e junto com a adição de vapor e água, minimizar o custo operacional pelo aumento da produtividade dos equipamentos.

Diversos autores têm realizado importantes revisões sobre a utilização dos carboidratos e seus efeitos no metabolismo de diferentes espécies de peixes (SENG et al, 1978; MILLIKING, 1982; SPANNHOF & PLANTIKOW, 1983; BLACK & LOVE, 1988; MATTY, 1989; KAUSHIK & MÉDALE, 1994; WILSON, 1994; SHIAU, 1997; STICKNEY, 1997; HEMRE et al., 2002a). Embora os carboidratos constituam um dos três principais componentes das dietas de peixes, sendo utilizados como fontes de energia para o crescimento do animal, as funções biológicas e a metabolização deste nutriente em peixes ainda não estão totalmente entendidas (PERAGÓN et al., 1999).

Como a utilização da proteína como energia é nutricional e economicamente anti-eficiente, a ação poupadora da proteína de fontes de energia não protéicas tais como lipídeos e carboidratos tem sido estudada principalmente em peixes de águas temperadas como esturjão (MÉDALE et al., 1991), truta arco-íris (BEAMISH & MEDLAND, 1986), truta do lago *Salvelinus namaycush* (JAYARAM & BEAMISH, 1992) e truta marrom *Salmo trutta* (ARZEL et al., 1994), assim como em algumas espécies de águas quentes como o bagre africano *Clarias gariepinus* (HENKEN et al., 1986; MACHIELS & HENKEN, 1987), tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* (SHIAU & PENG, 1993), tambacu *Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus* (CARNEIRO et al., 1994) e tambaqui *Colossoma macropomum* (VAN der MEER et al., 1997). A adição de tais fontes de energia tem melhorado a eficiência de retenção da proteína, incrementando a energia digestível e também diminuindo as perdas metabólicas de nitrogênio (KAUSHIK & OLIVA-TELES, 1985; MÉDALE et al., 1991).

Neste sentido, RAWLES & LOCHMANN (2003) estudaram os efeitos da relação amilopectina/amilose do amido de milho no crescimento, composição corporal e resposta glicêmica em alevinos híbridos de “sunshine bass” (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). Foram estudadas cinco dietas contendo 25% de uma das fontes testadas: glicose, dextrina ou amido de milho com diferentes relações de amilopectina/amilose (100%/0%, 70%/30% ou 30%/70%). Os autores observaram que a utilização de dietas formuladas com amido contendo maior proporção de amilose (30%/70%) melhorou a utilização dos carboidratos, com maior ganho em peso e baixo acúmulo de gordura visceral, sem afetar a composição corporal.

A utilização de dietas contendo diferentes relações amilopectina/amilose também foi investigada em juvenis de “sunshine bass”, por meio do estudo da taxa de oxidação da glicose hepática e a biosíntese *de novo* de lipídeos e triglicerídeos (RAWLES et al., 2005) e pela determinação dos índices corporais e das classes de lipídeos sanguíneos (LOCHMANN et al., 2005). Foi observado que os peixes alimentados com fontes de amido modificadas (30% amilopectina/70% amilose) reduziram a produção de CO₂ e glicogênio hepático, acumulando menos gordura que os peixes alimentados com amidos de grãos comuns, contendo relações de amilopectina/amilose (70%/30%). Os

peixes alimentados com glicose apresentaram maior índice hepatossomático. Os ácidos graxos livres plasmáticos aumentaram com o aumento da amilose da dieta, enquanto que os triglicerídeos circulantes foram maiores nos peixes que consumiram dietas contendo glicose ou uma mistura dos tipos de amido. As diferenças encontradas estiveram associadas possivelmente à velocidade de digestão dos diferentes tipos de carboidratos e às subseqüentes diferenças nas taxas de lipogênese e síntese de glicogênio.

A inabilidade aparente do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) de utilizar mono e dissacarídeos (glicose, maltose, frutose, sacarose) como fontes de energia foi comprovada por WILSON & POE (1987), que encontraram melhor crescimento quando os peixes foram alimentados com fontes mais complexas como dextrina, e em seguida, quando consumiram amido de milho regular. De maneira semelhante, comparando a utilização de amido e da glicose pelo híbrido de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), LIN et al. (1997) encontraram melhor utilização do amido de milho regular para crescimento, eficiência alimentar e taxa de eficiência protéica. Recentemente, resultados similares foram encontrados por LEE et al. (2003) para juvenis do falso “halibut” do Japão *Paralichthys olivaceus*, e por LEE & LEE (2004) para o “solha-estrelada-do-Pacífico” *Platichthys stellatus*, obtendo-se melhor desempenho com dietas contendo dextrina, quando comparada com outra fonte mais simples de carboidratos como glicose.

De outra forma, avaliando o crescimento do esturjão branco (*Acipenser transmontanus*) alimentado com glicose, frutose, maltose, sacarose, lactose, dextrina, amido de milho cru ou celulose, HUNG et al. (1989) encontraram diferenças significativas na utilização destes carboidratos em relação ao crescimento, composição corporal, metabólitos plasmáticos e atividade enzimática. As melhores médias de crescimento e retenção de energia foram observadas nos esturjões alimentados com açúcares simples como maltose ou glicose. Os autores atribuíram tais resultados à possível inabilidade do esturjão de se adaptar às fontes mais complexas de carboidratos. Resultados similares foram encontrados por HUNG & STOREBAKKEN

(1994) em truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, ao observar também a utilização mais eficiente da maltose e glicose para crescimento.

Para avaliar a digestibilidade de novos alimentos com maior precisão é necessário conhecer com exatidão a quantidade e especificidade de cada enzima presente no sistema digestório e as condições em que ocorre a hidrólise GLASS et al. (1989). Tem sido demonstrada a estreita relação entre o perfil enzimático do trato digestório em peixes e os nutrientes da dieta. Em um estudo realizado em pacu, MORAES & BIDINOTTO (2000) verificaram o aumento da atividade enzimática da amilase no trato gastrintestinal quando os peixes foram alimentados com níveis crescentes de amido de trigo (de 0,5 a 7%), em dietas com aproximadamente 40% de extrativo não nitrogenado, encontrando a máxima atividade da enzima com 3% de inclusão desta fonte de carboidrato. De maneira similar, LUNDSTEDT et al. (2004) encontraram incremento da atividade amilásica no estômago do pintado *Pseudoplatystoma corruscans* quando alimentado com dietas contendo níveis decrescentes de proteína (de 50,0 a 20,0%) e níveis crescentes de amido (de 1,9% a 36,2). Os autores observaram a maior atividade da enzima em dietas com 40 e 30% de proteína e 13 e 25% de amido.

Segundo FERNANDES (1998), a industrialização do milho oferece ao setor de alimentação animal uma série de ingredientes que reúnem características como alta qualidade, custos competitivos e disponibilidade constante ao longo do ano. No Brasil, estes produtos eram exportados quase na sua totalidade, mas nos últimos anos vêm sendo colocados no mercado interno, sendo utilizados amplamente pelas fábricas de ração e cooperativas de produtores que fabricam suas próprias rações. A moagem úmida é um dos processos de obtenção dos produtos do milho, onde a porção do amido é separada do resto do grão mecanicamente, originando produtos de melhor pureza e qualidade (glicose, maltodextrinas, dextrinas e amidos modificados de milho e mandioca – Anexo 1) do que os obtidos com a moagem seca.

KEELING (1998) chama a atenção sobre o pobre entendimento do mecanismo enzimático responsável pela biossíntese do amido e organização de sua estrutura. Além disso, o autor lembra o desafio dos pesquisadores no entendimento sobre a inter-

relação entre a estrutura e funcionalidade do amido, porque finalmente a funcionalidade dos amidos e os seus co-produtos é o que preocupa ao consumidor.

Sete fontes purificadas de carboidratos² com diferentes graus de complexidade foram estudadas em dietas para juvenis de pacu mediante a determinação dos coeficientes de digestibilidade (capítulo II), avaliação do crescimento, composição corporal, eficiência na retenção de nutrientes (capítulo III) e índices corporais, metabolismo intermediário e atividade amilásica (capítulo IV). Nestes capítulos são apresentados os resultados dos estudos realizados e espera-se que sirvam de subsídio para futuras pesquisas sobre a utilização de carboidratos pelo pacu que, pelo seu hábito onívoro e características zootécnicas, é uma das espécies nativas mais importantes na aqüicultura brasileira.

Os capítulos II, III e IV deste trabalho são apresentados de acordo com as normas para publicação da revista *Aquaculture Nutrition* (Anexo 3).

REFERÊNCIAS

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 5, p. 1001-1109, 2004.

ARZEL, J. et al. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in seawater. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 123, p. 361-375, 1994.

BARBOSA, J.M. **Síntese dos trabalhos realizados com espécies do gênero Colossoma**, 1986, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: CEPTA, 1986, p. 8.

² CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil): Amido de milho regular *Amisol*[®] 3408; Amido de milho ceroso "waxy" *Amisol*[®] 4000; Amido de milho pré-gelatinizado e modificado *RD 337*; Fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada *RD 323*; Dextrina *Amidex*[®] 182; Maltodextrina *Mor Rex*[®] 1920; Dextrose monohidratada (glicose) *Cerelose*[®] 020020 (Anexo 2).

- BEAMISH, F.W.H.; MEDLAND, T.E. Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 55, p. 35-42, 1986.
- BERGOT, F.; BREQUE, J. Digestibility of starch by rainbow trout: Effects of the physical state of starch and of the intake level. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 34, p. 203-212, 1983.
- BLACK, D.; LOVE, .R.M. Estimating the carbohydrate reserves in fish. **Journal of Fish Biology**, Oxford, v. 32, p. 335-340, 1988.
- CARNEIRO, D. J.; FRAGNITO, P. S.; MALHEIROS, E. B.. Influence of carbohydrate and energy level on growth and body composition of tambacu. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 129-130, 1994.
- CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S. M. F. **Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu *Colossoma mitrei* (BERG, 1895)**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1985. 30 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2002**. Roma: FAO, 2003. 150 p.
- FERNANDES, V.G. **Co-produtos na industrialização do milho**. Mogi Guaçu: Corn Products Brasil, 1998.
- GALLANT, D.J. et al. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 46, suppl. 2, p. S3-S16, 1992.
- GLASS, H.J. et al. Digestion of protein in different marine species. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Vancouver, v. 91B, n. 3, p. 607-611, 1989.
- GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 779 – 786, 2003.
- HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). **Fish nutrition**. 3. ed. London: Academic Press, 2002. 824 p.

HALVER, J.E. (Ed.). **Fish nutrition**. 2 ed. London: Academic Press, 1988. 798 p.

HEMRE, G.-I.; HANSEN, T. Utilisation of different dietary starch sources and tolerance to glucose loading in Atlantic salmon during parr - smolt transformation. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, p. 145-157, 1998.

HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T.P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 8, p. 175-194, 2002a.

HEMRE, G.-I. et al. Glucose tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*), dependence on pre-adaptation to dietary starch and water temperature. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 2, p. 69-75, 1995.

HEMRE, G.-I. et al. Growth and salt-water tolerance of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared under different combinations of dietary carbohydrate and photoperiod regime. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 8, p. 23-32, 2002b.

HENKEN, A.M. et al. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 58, p. 55-74, 1986.

HILLESTAD, M.; JOHNSEN, F.ÅSGÅRD, T. Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 517-529, 2001.

HUNG, S.S.O. Carbohydrate utilization by white sturgeon as assessed by oral administration tests. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 121, p. 1600-1605, 1991.

HUNG, S.S.O. et al. Ability of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to utilize different carbohydrate sources. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 119, p. 727-733, 1989.

HUNG, S.S.O.; STOREBAKKEN, T. Carbohydrate utilization by Rainbow trout is affected by feeding strategy. **Journal of Nutrition**. Bethesda, v. 134, p. 223-230, 1994.

INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE. **Starch & sweetener dictionary**. Disponível em: <<http://www.starch.dk/isi/starch/glosary.htm>>. Acesso em: 9 fev. 2005a.

INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE. **Tapioca food starch**. Disponível em: <<http://www.starch.dk/isi/applic/tapiocafood.htm>>. Acesso em: 9 fev. 2005b.

JAYARAM, M.G.; BEAMISH, F.W.H. Influence of dietary protein and lipid on nitrogen and energy losses in lake trout, *Salvelinus namaycush*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 49, p. 2267-2272, 1992.

KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. **Aquaculture**, Amstredam, v. 124, p. 81-97, 1994.

KAUSHIK, S.J.; OLIVA-TELES, A. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 50, p. 89-101, 1985.

KEELING, P.L. **Starch biotechnology: technical barriers to starch improvement. in: starch: structure and functionality**. The Royal Society of Chemistry: London, 1997. Disponível em: <<http://www.public.iastate.edu/~pkeeling/modificn.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2005.

LEE, S.; LEE, J. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. **Fisheries Science**, Oxford, v. 70, p. 53-58, 2004.

LEE, S.; KIM, K.; LALL, S.P. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 221, p. 427-438, 2003.

LIN, J.H.; CUI, Y.; HUNG, S.O.; SHIAU, S.Y. Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 148, p. 201-211, 1997.

LOCHMANN, R.; RAWLES, S.; GAYLORD, G. Body indices, blood lipid class composition and proximate analysis of sunshine bass fed diets with different amylose to amylopectin ratios. In: AQUACULTURE AMERICA 2005, 2005, New Orleans. **Proceedings...** Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2005. p. 246.

LUNDSTEDT, L.M.; MELO, J.F.B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Vancouver, 137B, p. 331-339, 2004.

MACHIELS, M.A.M.; HENKEN, A.M. A dynamic simulation model for growth of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). II. Effect of feed composition on growth and energy metabolism. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 60, p. 33-53, 1987.

MATTY, A.J. The feeding and metabolism of carbohydrates in warm water fish. In: HUISMAN, E.A.; ZONNEVELD, N.; BOUWMANS, A.H.M. (Eds.) **Aquacultural Research in Asia: management techniques and nutrition**. Malang: 1989. p. 182-189.

McGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 141, p. 233-244, 1996.

MÉDALE, D.; BLANC, D.; KAUSHIK, S.J. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baeri*. II. Utilization of dietary non-protein energy by sturgeon. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 93, p. 143-154, 1991.

MELO, W.J. et al. **Carboidratos**. Jaboticabal: Funep, 1998. 214 p.

MILLIKIN, M.R. Qualitative and quantitative nutrient requirements of fishes: a review. **Fishery Bulletin**, Seattle, v. 80, n. 4, p. 655-686, 1982.

MOHAPATRA, M.; SAHU, P.; CHAUDHARI, A. Utilization of gelatinized carbohydrate in diets of *Labeo rohita* fry. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v.9, p.189-196, 2003.

MORAES, G.; BIDINOTTO, P.M. Induced changes en the amylohydrolitic profile of the gut of *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1885) fed different levels of soluble carbohydrates its correlation with metabolic aspects. **Revista de Ictiologia**, Corrientes, v. 8, n. 1-2, p. 47-51, 2000.

NANKERVIS, L.; MATTHEWS, S. J.; APPLEFORD, P. Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insuline-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 191, p. 323-335, 2000.

OSTRENSKI, A.; BORGHETTI, J.R.; PEDINI, M. Situação atual da aqüicultura brasileira e mundial. In: VALENTI, W.C. (Ed.). **Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasilia: CNPq / Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p. 353-382.

PERAGÓN, J. et al. Carbohydrates affect protein-turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 179, p. 425-437, 1999.

RAWLES, S.; LOCHMANN, R. Effects of amylopectin/amylose starch ratio on growth, body composition and glycemic response of sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 34, n. 3, p. 278-288, 2003.

RAWLES, S.; GAYLORD, T.; LOCHMANN, R. Hepatic glucose oxidation and lipogenesis in sunshine bass fed diets with different amylose to amylopectin ratios. In: AQUACULTURE AMERICA 2005, 2005, New Orleans. **Proceedings...** Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2005. p. 357.

RODRIGUES, A.M.P. **Digestibility studies in fish: a review**. Porto: Instituto de Zoologia Dr. Augusto Nobre, Porto, 1994. 30 p, (Monografia, n.6).

SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 54, p. 205-240, 1986.

SENG, P.R. et al. Observations on the protein and carbohydrate requirements of carps. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 13, p. 245-255, 1978.

SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warm water fish- with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, 79-96, 1997.

SHIAU, S.; PENG, C.-Y. Protein-sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 117, n. p. 327-334, 1993.

SILVA, A.J. **Aspectos da alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (BERG, 1985) (PISCES, CHARACIDAE), no pantanal de Mato Grosso**. 1985. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) -. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985.

SOLER-JARAMILLO, M.P. Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. In: SOLER-JARAMILLO, M.D.P.; RODRÍGUEZ-GÓMEZ, H.; DAZA, P. V. **Fundamentos en nutrición y alimentación en acuicultura**. Santa Fé de Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 1996. p. 23- 52.

SPANNHOF, L.; PLANTIKOW, H. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 30, p. 95-108, 1983.

STICKNEY, R.R. Tilapia nutrition, feeds and feeding. In COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. (Ed.) **Tilapia Aquaculture in the Americas**. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 1997, v. 1, p. 34-54.

TACON, A.G.J. **Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados – manual de capacitación**. Brasilia: FAO, 1989. 136 p. (Documento, 4).

VAN DER MEER, M.B.; ZAMORA, J.E. VERDEGEM, M.C.J. Effect of dietary lipid level on protein utilization and the size and proximate composition of body compartments in *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 28, p. 405-417, 1997.

WILSON, R.P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 67-80, 1994.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono- and disaccharides as energy sources. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 117, p. 280-285, 1987.

ZAMORA, A. **Carbohydrates - Chemical Structure**. 13 p. Disponível em: <<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates.html>>. Acesso em: 11 fev. 2005.

CAPÍTULO II³

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES E ENERGIA DE DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES E NÍVEIS DE CARBOIDRATOS PARA O PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

^{3/} Apresentado conforme as normas para publicação do *Aquaculture Nutrition* (Anexo 3)

Digestibilidade aparente de nutrientes e energia de dietas contendo diferentes fontes e níveis de carboidratos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Título resumido: Digestibilidade de fontes de carboidratos para pacu

Adriana Patricia Muñoz-Ramírez^{1/}, Dalton José Carneiro^{1/*},
Ana Paula Guerrelhas Teixeira^{1/}, Gisele Cristina Fávero^{1/}

^{1/} Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - Centro de Aqüicultura da UNESP. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane S/N. CEP: 14884-900 Jaboticabal, SP, Brasil. Phone 55-16-32032110, Fax 55-16-32032268. adrimu@iq.com.br

* Autor para correspondência

Palavras-chave: amido, carboidratos, digestibilidade, glicose, pacu, *Piaractus mesopotamicus*

Resumo

A utilização de diferentes fontes e níveis de carboidratos para pacu *Piaractus mesopotamicus* foi estudada em 14 dietas isoprotéicas, com a mesma composição de ingredientes (farinha de peixe, carboximetil celulose, celulose microfina, óleo de soja e suplemento vitamínico e mineral), mas com dois níveis (20 e 40%) de sete diferentes fontes purificadas de carboidratos: amido de milho regular (AR₂₀ e AR₄₀), amido de milho ceroso (AC₂₀ e AC₄₀), amido de milho pré-gelatinizado e modificado (APgM₂₀ e APgM₄₀), fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada (FPgM₂₀ e FPgM₄₀), dextrina (DX₂₀ e DX₄₀), maltodextrina (MD₂₀ e MD₄₀) e dextrose (glicose) (GL₂₀ e GL₄₀). Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia, matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e extrativo não nitrogenado das dietas experimentais foram determinados. A coleta de fezes dos 420 juvenis de pacu (69,6±17,9 g) foi realizada seguindo o sistema de Guelph modificado. Utilizando um delineamento inteiramente casualizado, foram testadas 14 dietas, em esquema fatorial 7 (fontes de carboidratos) x 2 (níveis de inclusão), com quatro repetições. Nos resultados em que foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos (P<0,05), as médias foram comparadas pelo teste de Duncan. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), extrativo não nitrogenado (ENN) e energia (EB) das dietas foram afetados significativamente pelas fontes de carboidratos; o efeito do nível de inclusão (20 ou 40%) só foi significativo para MS, ENN e EB. A utilização de 40% das fontes de carboidratos gerou CDaMS e CDaEB significativamente maiores do que 20%. Foram verificadas interações entre as fontes e os níveis de carboidratos para os coeficientes de digestibilidade aparente do EE e do ENN. Foi observado que a digestibilidade de nutrientes e energia das dietas para pacu é afetada por fatores como quantidade, qualidade e processamento da fonte de carboidrato utilizada. A utilização de 40% de fontes de carboidratos digestíveis com diferentes graus de complexidade resultou em melhores coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia bruta em dietas para o pacu.

Nutrient and energy apparent digestibility of diets containing different carbohydrate sources and levels for pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Summarized title: Digestibility of carbohydrates sources for pacu

Key words: carbohydrates, digestibility, glucose, pacu, *Piaractus mesopotamicus*, starch,

Abstract

The utilization of different sources and levels of carbohydrates for pacu *Piaractus mesopotamicus* was studied using 14 isoproteic diets with the same ingredient composition (fish meal, carboxymethyl cellulose, fine cellulose, soybean oil, mineral, and vitamin supplement) and two levels (20 and 40%) of the following purified carbohydrate sources: regular corn starch (AR₂₀ e AR₄₀), waxy corn starch (AW₂₀ e AW₄₀), pregelatinized and modified corn starch (APgM₂₀ e APgM₄₀), modified and pregelatinized cassava starch (FPgM₂₀ e FPgM₄₀), dextrin (DX₂₀ e DX₄₀), malt dextrin (MD₂₀ e MD₄₀), and dextrose (glucose) (GL₂₀ e GL₄₀). Energy, dry matter, crude protein, ether extract and nitrogen free extract apparent digestibility coefficients were determined. Feces of 480 juveniles (69.6±17.9 g) were collected according to Guelph modified system. A completely randomized design with 14 diets in a 7 (carbohydrate sources) x 2 (two inclusion levels) factorial arrangement was tested with four replicates. Apparent digestibility coefficients (CDa) for dry matter, crude protein, ether extract, nitrogen free extract, and energy were significantly affected by dietary carbohydrate sources. Inclusion level (20 or 40%) affected MS, ENN and EB digestibility. Fourty percent inclusion produced better CDaMS and CDaEB than 20%. Significant interactions were observed between sources and levels of carbohydrate CDaEE and CDaENN.

Introdução

Nos últimos anos, o cultivo de peixes tem aumentado e com ele a demanda por rações nutricionais e economicamente mais eficientes tem crescido de maneira significativa. Dietas formuladas com nutrientes e energia digestíveis proporcionarão aos peixes a quantidade de nutrientes necessários para atingir o máximo crescimento com a melhor conversão e menor impacto ambiental. As pesquisas em nutrição deverão estar orientadas ao incremento da produção pela melhor utilização desses nutrientes, proporcionando produtos seguros e nutritivos, obtidos de maneira sustentável (Halver & Hardy 2002).

Um dos fatores que determina a exigência de proteína dos organismos aquáticos, além da sua qualidade, é a participação de fontes de energia não protéica na dieta. A substituição da energia protéica pela energia dos lipídeos ou carboidratos pode resultar na maior produção por unidade de fonte protéica de alto custo consumida, como a farinha de peixe, resultando na redução dos resíduos nitrogenados produzidos (Hillestad et al. 2001). O valor nutricional do alimento não está baseado só na sua composição química e sim em alguns fatores como a capacidade da espécie em digerir-lo (Saldaña & López 1988), o tamanho dos indivíduos, estado fisiológico, qualidade da água e fonte de energia utilizada (Fernandes et al. 2000).

Segundo Soler-Jaramillo (1996), os carboidratos são geralmente considerados fonte importante de energia na dieta pelo seu baixo custo, mas é necessário considerar cuidadosamente a inclusão destes nas dietas já que os peixes apresentam uma baixa capacidade de utilização deste nutriente. A autora afirma que existem notáveis diferenças na digestibilidade dos carboidratos, relacionada às diferentes espécies de peixes, especialmente pela constituição do trato digestório, o que está muito relacionado ao tipo de alimentação natural.

Uma grande variedade de produtos derivados do amido é utilizada em processos industriais ou para alimentação animal. Os amidos são transformados por hidrólise utilizando ácidos ou enzimas como catalisadores. O INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE (2005a) ilustra os principais produtos obtidos por hidrólise e explica o

processo como um rompimento do amido produzindo glicose e polímeros de menor tamanho pela quebra das ligações glicosídicas com liberação de água. Os amidos dos grãos e plantas são os principais carboidratos digestíveis encontrados nas rações comerciais para peixes (Rawles & Lochmann 2003). A maior parte dos amidos é composta por 70-80% de amilopectina e 20-30% de amilose (Gallant et al. 1992), mas existem outras classes de amidos com proporções amilopectina/amilose alteradas por processos químicos e físicos ou pelo cultivo de variedades mutantes de grãos (ex. amido ceroso). A amilose é uma cadeia reta e longa de unidades de glicose e a amilopectina tem uma estrutura ramificada com numerosas unidades de glicoses. Estas diferenças estruturais entre os amidos podem estar associadas às diferenças encontradas de digestão das fontes de carboidratos disponíveis.

Embora algumas espécies de peixes tenham uma capacidade limitada para a utilização dos carboidratos (Bergot 1979; Carratore et al. 2002), a modificação térmica tem sido uma alternativa para melhorar o seu aproveitamento (Bergot & Breque 1983), resultando em uma fonte de energia comparável com aquela das proteínas e os lipídeos (Pieper & Pfeffer 1980). Os amidos cozidos ou gelatinizados são mais digestíveis e têm um melhor efeito sobre o crescimento quando comparados com amidos crus (Steffens 1987). Durante o processo de gelatinização, as moléculas dos carboidratos são modificadas de tal modo que a susceptibilidade à ação enzimática aumenta, melhorando a sua digestibilidade. A gelatinização dos carboidratos e sua influência na digestibilidade e crescimento têm sido bem estudadas em espécies como carpa comum *Cyprinus carpio* (Forneirs et al. 1993), truta arco íris *Oncorhynchus mykiss* (Bergot & Berque 1983; Podoskina et al. 1997) e tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Toledo 2004).

Os peixes onívoros ou herbívoros de águas quentes toleram maiores níveis de carboidratos, sendo estes utilizados mais eficientemente como fonte de energia ou o excesso estocado na forma de lipídeos corporais (Steffens 1987). O peixe onívoro pacu *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887) é encontrado da bacia do rio Orinoco, na Venezuela, até à bacia do rio da Prata no Uruguai (Barbosa 1986; Saint-Paul, 1986; Silva 1985). Este peixe é uma das espécies mais promissoras da piscicultura brasileira,

em função do seu hábito alimentar, crescimento rápido, rusticidade, fecundidade elevada, fácil adaptação à alimentação artificial e grande aceitação no mercado, podendo ser explorado em criações comerciais para a pesca esportiva (Castagnolli & Zuim 1985). Em um estudo anterior, Silva (1985) avaliou aspectos da biologia e alimentação do pacu em ambiente natural enquanto outras pesquisas visaram avaliar as exigências nutricionais desta espécie (Carneiro et al. 1984; Borghetti et al. 1991; Carneiro et al. 1992; Stech 1999; Fernandes et al. 2000). Porém, são poucos os trabalhos realizados à respeito da utilização de fontes de carboidratos com diferente grau de complexidade. Considerando o hábito alimentar do pacu no ambiente natural e a composição relativamente alta de carboidratos nos itens alimentares consumidos, o fornecimento de rações com diferentes níveis e fontes de carboidratos deve ser investigado, visando obter máximo crescimento com benefícios ambientais e econômicos. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a digestibilidade de nutrientes e energia de dietas contendo diferentes fontes e níveis de carboidratos purificados para pacu.

Material e métodos

Material biológico e manejo

Foram utilizados 420 juvenis de pacu com peso médio de $69,6 \pm 17,9$ g. Os peixes passaram inicialmente por um período de adaptação de 15 dias às condições experimentais do laboratório, sendo mantidos em caixa de 1000 L. Neste período, foram alimentados com uma ração comercial extrusada⁴ contendo 28 % de proteína bruta. Posteriormente, os peixes foram estocados em 28 caixas de cimento-amianto com capacidade de 120 L, numa densidade de 15 indivíduos/caixa.

Para coleta das fezes dos peixes foram utilizados coletores construídos segundo o sistema de Guelph modificado, como descrito por Gonçalves & Carneiro (2003), utilizando incubadoras de fibra de vidro de 80 litros de capacidade. Nas extremidades

⁴ Poli-nutri Alimentos (Brasil)

inferiores cônicas foram acoplados registros de esfera, adaptados com pequenas mangueiras de látex, que permitiam a fixação de tubos de ensaio, para a deposição das fezes dos peixes. Após cinco dias de alimentação com as dietas-teste, os peixes de cada unidade experimental, foram levados para um aquário de coleta de fezes. Sempre no período da manhã, as fezes de cada parcela foram coletadas em intervalos de 30 min (para evitar perdas por lixiviação), até que fossem recolhidas quantidades suficientes de cada amostra. Esses materiais foram recolhidos em tubos plásticos, etiquetados e levados ao congelador. Após o término da coleta de todas as amostras, as fezes foram secas em estufa com circulação de ar à 55,0°C, até a obtenção de peso constante, para posterior análise bromatológico.

A água utilizada era proveniente de poço artesiano e aerada constantemente. O fluxo de água foi contínuo, com troca total de aproximadamente 20 vezes ao dia. A temperatura da água dos aquários foi aferida diariamente e o pH semanalmente, obtendo-se valores médios de $27,7 \pm 0,7$ °C e $7,5 \pm 0,1$, respectivamente.

Dietas experimentais

As fórmulas e a composição proximal das dietas experimentais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Fórmula e composição proximal das dietas experimentais

Ingredientes (g kg ⁻¹ dieta, matér. seca orig.)	AR ₂₀	AC ₂₀	APgM ₂₀	FPgM ₂₀	DX ₂₀	MD ₂₀	GL ₂₀	AR ₄₀	AC ₄₀	APgM ₄₀	FPgM ₄₀	DX ₄₀	MD ₄₀	GL ₄₀
Farinha peixe (50,1% PB) ^{a/}	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517
Amido de milho regulat ^{b/}	200	-	-	-	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-
Amido milho ceroso ^{b/}	-	200	-	-	-	-	-	-	400	-	-	-	-	-
Amido milho pregel. modif. ^{b/}	-	-	200	-	-	-	-	-	-	400	-	-	-	-
Fécula mand. pregel. modif. ^{b/}	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	400	-	-	-
Dextrina ^{b/}	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	400	-	-
Maltodextrina ^{b/}	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	400	-
Dextrose monohidratada ^{b/}	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	400
Óleo de soja ^{d/}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
CMC ^{d/}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Suplemento vitam. mineral ^{e/}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Óxido crômico (Cr ₂ O ₃) ^{f/}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Celulose microfina ^{d/}	223	223	223	223	223	223	223	23	23	23	23	23	23	23

Composição analisada

(g kg⁻¹ dieta, 100% mat. seca):

Proteína bruta	301	302	303	306	310	304	316	305	303	308	308	296	302	302
Extrato etéreo	69	60	61	59	64	64	66	68	68	51	55	54	61	68
Matéria mineral	160	155	156	153	152	154	159	160	156	162	151	168	157	161
Fibra bruta	200	202	197	174	168	178	174	38	42	45	22	43	44	36
Extrato não nitrogenado ^{b/}	270	281	283	308	306	300	285	429	431	434	464	439	436	433
Lisina ^{f/}	20	19	19	19	19	19	19	20	20	20	19	21	20	20
Metionina ^{f/}	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	7	8	7	8
Cálcio ^{f/}	47	45	45	45	46	45	45	47	48	48	46	48	47	48
Fósforo total ^{f/}	25	24	24	24	24	24	25	25	26	26	25	26	25	26
Energia bruta (cal g ⁻¹)	4292	4223	4256	4207	4186	4278	4291	4177	4209	4303	4231	4281	4204	4219

^{a/} Comercio e Industria de Pescado TRIDA PALLE (Itajaí, Brasil). ^{b/} CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil); Amido de milho regular *Amisol*[®] 3408 - AR; Amido de milho ceroso *Amisol*[®] 4000 - AC; Amido de milho pré-gelatinizado e modificado RD 337 - APgM; Fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada RD 323 - FPgM; Dextrina *Amidex*[®] 182 - DX; Maltodextrina *Mor Rex*[®] 1920 - MD; Dextrose monohidratada (glicose) *Cerelose*[®] 020020 - GL. ^{c/} Produtos alimentícios Orlandia S/A Com. Ind. (Orlandia, Brasil). ^{d/} Carboximetil celulose sódica U.S.P. LABSYNTH Produtos para laboratório Ltda (Diadema, Brasil). ^{e/} Mesmo que em Muñoz-Ramírez & Carneiro (2002). ^{f/} VETEC (Rio de Janeiro, Brasil). ^{g/} RHOSTER Indústria e Comercio Ltda (Vargem Grande Paulista, Brasil). ^{h/} Calculado por diferença : 100 - (proteína bruta + extrato etéreo + matéria mineral + fibra bruta). ^{i/} Calculado.

Quatorze dietas semi-purificadas foram formuladas contendo 30% de proteína bruta (PB) e 4200 cal g⁻¹ de energia bruta (EB). Foi utilizada uma composição básica de ingredientes para as quatorze dietas, que eram acrescidas de 20 ou 40% das diferentes fontes purificadas de carboidratos⁵ com diferentes graus de complexidade: A - *Polissacarídeos*⁶: amido de milho regular (**AR₂₀** e **AR₄₀**), amido de milho ceroso (**AC₂₀** e **AC₄₀**); B - *Polissacarídeos modificados*: amido de milho pré-gelatinizado e modificado (**APgM₂₀** e **APgM₄₀**), fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada (**FPgM₂₀** e **FPgM₄₀**); C - *Polissacarídeos parcialmente hidrolizados*: dextrina (**DX₂₀** e **DX₄₀**), maltodextrina⁷ (**MD₂₀** e **MD₄₀**); D - *Monossacarídeo: dextrose (glicose)*⁸ (**GL₂₀** e **GL₄₀**). Como marcador inerte foi utilizado o óxido crômico (1%).

Os ingredientes foram misturados manualmente, acrescidos de água fria em quantidade suficiente para obter uma massa de consistência apropriada para ser peletizada em moinho manual, evitando assim modificação nas características dos ingredientes pela pouca variação na temperatura no processamento. As dietas foram secas a 55 °C por 48 h e posteriormente acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em congelador até sua utilização. O arraçoamento foi realizado até a saciedade, duas vezes ao dia, às 9:00 e 17:00 h.

Composição química centesimal

A composição bromatológica dos ingredientes, dietas-teste e fezes foi analisada conforme metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C. 1990). A determinação da energia bruta foi realizada através da queima das amostras em bomba calorimétrica. O teor de matéria seca (MS) foi determinado submetendo-se as amostras à secagem em estufa a 105 °C por 16 horas. O teor de proteína bruta (PB) foi calculado pela obtenção do conteúdo de nitrogênio total, determinado pelo método de Kjeldahl e multiplicado pelo fator 6,25. Foi determinado o nível de extrato etéreo (EE) utilizando-se o aparelho de extração Soxhlet, tendo como

⁵ CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil)

⁶ Amido regular (30% amilose /70 % amilopectina); Amido “waxy” (99% amilopectina)

⁷ Maltodextrina: 18,4 DE = Dextrose Equivalente

⁸ Glicose: 99 DE = Dextrose Equivalente

solvente o éter de petróleo (p.e. 30 - 60°C), com refluxo contínuo através da amostra, durante 5 horas. A concentração de matéria mineral (MM) foi determinada carbonizando-se as amostras em mufla a 600 °C por 3 horas. O conteúdo de fibra bruta (FB) foi obtido a partir das amostras desengorduradas pela digestão com soluções de hidróxido de sódio e ácido sulfúrico (1,25%), com posterior filtragem e incineração em mufla. O teor de extrativo não nitrogenado foi obtido subtraindo da matéria seca o total de nutrientes analisados. As análises de matéria seca, mineral, energia e fibra bruta foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos (LANA), do Departamento de Zootecnia da FCAV da UNESP, Campus de Jaboticabal–SP, Brasil. Demais análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do CAUNESP, Campus de Jaboticabal–SP.

Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente

O teor de óxido de cromo usado como indicador foi determinado nas rações e nas fezes pelo método de digestão com ácido nítrico e perclórico, com leitura em espectrofotômetro, segundo Furukawa & Tsukahara (1976).

Os coeficientes de digestibilidade aparente (D_a) da matéria seca (CDaMS), da proteína bruta (CDaPB), do extrato etéreo (CDaEE), da matéria mineral (CDaMM), do extrativo não nitrogenado (CDaENN) e da energia bruta (CDaEB) das dietas contendo as diferentes fontes de carboidratos foram estimados segundo Nose (1966), através da seguinte equação:

$$D_a = 100 - 100 \left[\frac{\% \text{ indicador alimento}}{\% \text{ indicador fezes}} \times \frac{\% \text{ nutriente fezes}}{\% \text{ nutriente alimento}} \right]$$

Delineamento experimental e análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando um delineamento inteiramente casualizado, com quatorze tratamentos em esquema fatorial 7 (sete fontes de carboidrato) x 2 (níveis de inclusão), com quatro repetições e 15 peixes por parcela.

Para os resultados em que foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan (Duncan 1955) e as interações das médias por mínimos quadrados (LSM – “Least Squares Means). Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS V.8.0. (Littell et al. 1996).

Resultados e discussão

A Tabela 2 mostra as médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDaMS), proteína bruta (CDaPB), extrato etéreo (CDaEE), extrativo não nitrogenado (CDaENN) e energia (CDaEB) das dietas que foram afetadas significativamente pelas fontes de carboidratos. Só não foram encontradas diferenças causadas pelo nível de inclusão (20 ou 40%) para CDaPB e CDaEE. Foram observadas interações entre a fonte e o nível de carboidratos para os coeficientes de digestibilidade aparente do EE e do ENN.

Assim como foi observado no presente estudo, o efeito da complexidade das fontes de carboidratos e do seu nível de inclusão na digestibilidade de nutrientes e energia das dietas foi demonstrado para outras espécies de peixes como truta arco-íris (Bergot & Breque 1983; Storebakken 1998), bagre do canal *Ictalurus punctatus* (Wilson & Poe 1987), esturjão-branco *Acipenser transmontanus* (Herold et al. 1995) e híbrido de “sunshine bass” *Morone chrysops* x *M. saxatilis* (Rawles & Lochmann 2003).

Embora tenha sido verificado o efeito dos carboidratos e do seu nível de utilização nas médias do CDaMS (Tabela 2), não foi encontrada interação entre os fatores. Considera-se que os coeficientes observados são relativamente baixos quando comparados com os CDaMS encontrados por Muñoz-Ramírez et al.(2003) estudando a utilização de carboidratos e lipídeos em dietas para pacu. Os baixos valores médios de CDaMS podem estar representando o efeito aditivo da digestibilidade dos nutrientes das dietas, especialmente o efeito causado pela concentração de fibra bruta utilizada nas rações com 20% de inclusão dos carboidratos, nas quais foi utilizado um teor maior de celulose na formulação (22,3%) do que com 40% de inclusão (2,3%).

Tabela 2 – Valores de F e coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia das dietas experimentais

Causas de Variação	Valores de F				
	CDaMS	CDaPB	CdaEE	CDa ENN	CDaEB
Efeito da fonte (F)	3,9**	8,8**	3,9**	3,2*	7,08**
Efeito do nível (N)	171,7**	0,0 ^{NS}	0,8 ^{NS}	385,1**	722,9**
Interação F x N	0,76 ^{NS}	1,9 ^{NS}	9,5**	2,4*	1,52 ^{NS}
CV (%)	10,8	2,4	0,8	5,6	4,0
Médias para fontes (%):					
Amido de milho regular	55,6 ab ^{1/}	84,2 b	96,8	77,1	72,8 b
Amido de milho ceroso	46,5 d	81,4 c	97,4	73,4	74,0 b
Amido pregel e modificado	60,6 a	86,9 a	96,1	81,9	79,5 a
Fécula mandioca pregel e modif.	54,6 abc	85,3 ab	97,0	80,4	73,6 b
Dextrina	50,7 bcd	80,9 c	97,0	71,1	64,7 c
Maltodextrina	48,6 cd	84,5 b	95,6	77,0	72,2 b
Glicose	51,2 bcd	85,1 ab	96,2	75,1	74,3 b
Médias para níveis (%):					
20%	40,6 b	83,9	96,7	63,0	61,1 b
40%	62,5 a	84,2	96,5	87,8	84,7 a

^{1/}Médias seguidas de diferentes letras nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan.

* (P<0,05), ** (P<0,01).

A celulose é um polissacarídeo que é parcialmente aproveitado por algumas espécies de peixes. Acredita-se que a atividade da celulase encontrada em peixes que não possuem a habilidade de secretá-la vem do alimento exógeno ou do estabelecimento de uma flora de bactérias produtoras de celulase no trato digestório (Stickney & Shumway 1974). Segundo Melo et al. (1998), na celulose não existem cadeias laterais de β -D-glicose, portanto suas moléculas encontram-se fortemente unidas formando estruturas rígidas e resistentes à hidrólise. Com o intuito de verificar se houve algum aproveitamento da celulose nas dietas, os CDa da fibra bruta foram calculados para todas as dietas experimentais, encontrando médias nulas ou ligeiramente negativas de CDa para todas as dietas (dados não publicados). Estes coeficientes até negativos para fibra bruta foram provavelmente resultados de efeitos isolados ou acumulados de fatores como inexistência ou baixa atividade enzimática da celulase na flora intestinal no sistema digestório do pacu, aumento da velocidade de

trânsito gastrointestinal (Takeuchi et al. 1979; Ufodike & Matty 1983) ou pequeno erro metodológico.

No entanto, na Tabela 2 observa-se que houve um aumento na média do CDaMS com 40% do carboidrato (62,5%) quando comparado com 20% (40,6%). Ao contrário dos resultados obtidos com pacu, Carratore et al. (2002) verificaram que a elevação do nível de carboidratos em dietas para pintado *Pseudoplatystoma coruscans* implicou em redução dos CDaMS, de 75,1% (10% amido) para 66,8% (28% amido). De modo semelhante, Rychly & Spannhof (1979), avaliando 10, 30 e 60% de utilização de amido cru em dietas para juvenis de truta arco-íris, constataram diminuição das médias de CDaMS: 87,6, 77,3 e 69,2%, respectivamente. Estas diferenças podem estar diretamente relacionadas com o hábito alimentar das espécies estudadas. Na natureza, o pacu ingere alimentos ricos em carboidratos como folhas, frutos e sementes (média anual de 90% do conteúdo estomacal, Silva, 1985), enquanto que a truta arco-íris e o pintado ingerem alimentos com menores teores de carboidratos pelo seu hábito carnívoro.

A maior média de CDaMS (Tabela 2) observada para o APgM (60,6%) pode ter sido decorrente dos processos térmicos e químicos aos quais o amido de milho é submetido, modificando o arranjo original das suas moléculas (30% amilose/70% amilopectina) deixando-as mais disponíveis. De modo semelhante, Bergot & Breque (1983) e Kaushik & Oliva-Teles (1985) confirmaram que utilização de amidos gelatinizados melhorou a disponibilidade da matéria seca em dietas para truta arco-íris.

A menor média de CDaMS (Tabela 2) encontrada com amido ceroso AC (46,5%), caracterizado por ter 99% de amilopectina, mostra que o pacu tem dificuldade para aproveitar dietas com alto teor de moléculas ramificadas como as que o constituem o amido ceroso. Estudos anteriores realizados por Spannhof & Plantikow (1983) em truta arco-íris sugeriram que o baixo aproveitamento de carboidratos com alto teor de amilopectina é provocado pela adsorção que a α -amilose sofre pelas moléculas complexas de amido, inibindo dessa maneira a hidrólise.

Na análise dos CDaPB, somente foram encontrados efeitos significativos das fontes de carboidratos, mas não do nível, nem da interação entre os fatores principais

(Tabela 2). O melhor resultado médio de CDaPB foi observado para as dietas contendo APgM (86,9%) e as menores médias, para as dietas contendo AC (81,4%) e DX (80,9%). O melhor aproveitamento da fração proteína bruta das dietas com APgM mostrou novamente o benefício obtido com o processamento do ingrediente, frente a ingredientes com moléculas ramificadas como o AC ou com hidrólise parcial como a DX, de acordo com o descrito por Spannhof & Plantikow (1983). Uma ligeira redução na digestibilidade da proteína foi observada por Rawles & Gatlin III (1998) com a utilização de 25% de glicose, maltose e dextrina, além de uma dieta controle sem carboidrato digestível em “striped bass” (*M. saxatilis*) e “sunshine bass” (*M. chrysops* x *M. saxatilis*). Entretanto, Bergot & Breque (1983) não encontraram diferenças nos altos CDaPB ($\approx 90\%$) encontrados para truta arco-íris alimentadas com dietas contendo 30% de amido de milho cru ou gelatinizado, em dois níveis de ingestão.

Sendo que não foi observado efeito do nível de inclusão do carboidrato nas médias do CDaPB (Tabela 2), pode-se inferir que o pacu tem boa capacidade de aproveitamento da proteína bruta, sem ser afetado pelo nível de fibra bruta da ração. De maneira similar, Muñoz-Ramírez et al. (2003) constaram altos CDaPB em dietas com níveis crescentes de fibra e relações carboidratos:lipídeos de 50:3 e 30:15 (90,4 e 90,5%, respectivamente). Rychly & Spannhof (1979) também não encontraram diferenças na média geral do CDaPB (97%) em dietas para truta arco-íris contendo 10, 30 e 60% de amido de milho cru.

A Tabela 3 apresenta as médias dos CDaEE para o estudo da interação entre fontes e níveis de carboidratos. Analisando os efeitos para cada fonte estudada, foi observado que com 20% de inclusão do carboidrato, o aproveitamento do extrato etéreo foi maior nas dietas contendo amido regular (97,8%) ou dextrina (97,8%). No entanto, com 40% do carboidrato, a melhor média (97,9%) foi encontrada com a inclusão de glicose. Não houve efeito do nível de inclusão para as outras fontes. Entretanto, Carratore et al. (2002), estudando dietas com níveis crescentes de amido cru de milho para pintado, e Hemre et al. (1989), estudando a utilização de amido cru de batata para “cod” *Gadus morhua*, não encontraram diferenças no aproveitamento dos lipídeos, com o nível de inclusão da fonte de carboidrato.

Tabela 3. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDaEE) e do extrativo não nitrogenado (CDaENN) no estudo da interação entre fontes e níveis de carboidratos.

Fontes	CDaEE (%)		CDaENN (%)	
	Nível fonte		Nível fonte	
	20%	40%	20%	40%
Amido milho regular	97,82 aA	95,46 bC	60,86 bABC	93,35 aA
Amido milho ceroso	97,31 aAB	97,44 aA	60,38 bBC	90,86 Aab
Amido milho pregel modif.	96,39 aC	95,92 aBC	66,66 bAB	89,56 aAB
Fécula mand. pregel modif.	97,41 aAB	96,54 aBC	66,38 bAB	90,84 aA
Dextrina	97,83 aA	95,99 bC	58,98 bC	80,23 aC
Maltodextrina	95,20 aCD	95,95 aC	67,08 bA	84,42 aBC
Dextrose (glicose)	94,64 bD	97,86 aA	62,83 bABC	87,47 aAB

Médias seguidas de diferentes letras -minúsculas na horizontal e maiúsculas na vertical- diferem entre si (LSM, $P < 0,05$).

Para o efeito das fontes de carboidratos dentro de cada nível testado (Tabela 3), foi observado que, dentre as dietas formuladas com 20% de carboidrato, o amido regular (97,8%) e a dextrina (98,7%) tiveram melhores aproveitamentos do EE que as outras fontes. Nesse nível de inclusão, a menor média de digestibilidade foi obtida com a glicose (94,6%). No entanto, quando o nível de inclusão foi 40%, os melhores aproveitamentos do EE foram observados com as dietas formuladas com amido de milho ceroso (97,4%) ou glicose (97,9%), mostrando a melhoria da utilização dos lipídeos com o aumento da oferta dessas fontes de energia não protéica. Médias altas de CDaEE também foram observadas por Muñoz-Ramírez et al. (2003) em juvenis de pacu alimentados com dietas contendo 30% de carboidratos e 15% de lipídeos (95,7%).

Na tabela 3 são apresentadas as médias dos CDaENN mostrando o efeito da interação entre fontes e níveis de carboidratos. Tendo em conta que, no cálculo do extrativo não nitrogenado das dietas experimentais e fezes foi subtraído o teor de fibra

bruta analisado, pode-se inferir que o resultado correspondeu ao CDa da fonte de carboidrato testada.

Para todas as dietas foi observado que a inclusão de 40% do carboidrato gerou significativamente melhores médias de CDaENN, refletindo menor aproveitamento deste nutriente em dietas com maior conteúdo de fibra (Tabela 3). Assim, quando incluídos em 40% na ração, o AR (93,3%) e a FPgM (90,8%) nas dietas geraram as melhores médias de CDaENN, com valores similares para os demais ingredientes com semelhante grau de complexidade (APgM e AC). Já, a inclusão de 40% de DX gerou a menor média de aproveitamento do ENN (80,2%) seguida pela MD (84,4%). Quando as dietas foram formuladas com 20% de carboidratos, a MD mostrou a melhor media (67,1%) e a DX a menor (59,0%).

Observa-se na Tabela 3 que dietas com 40% de inclusão de glicose apresentaram uma média satisfatória do CDaENN (87,5%), o que pode estar relacionado ao pequeno tamanho da sua molécula, que facilitaria sua rápida absorção (Pieper & Pfeffer 1980). De modo semelhante, no estudo da utilização de nove diferentes fontes de carboidratos para esturjão-branco, Herold et al. (1995) observaram valores satisfatórios de CDa para glicose (99,4%), médios para dextrina (75,0%), baixos para amido de milho (31,8%) e negativos para celulose (-10,4%), indicando o melhor aproveitamento que o esturjão-branco tem por monossacarídeos do que por polissacarídeos complexos. Entretanto, Shiau & Chuang (1995) relataram que os peixes onívoros são relativamente mais eficientes que os carnívoros para utilizar os carboidratos complexos, pela produção de enzimas específicas associadas à degradação e metabolismo dos açúcares. Assim sendo, Wilson & Poe (1987) encontraram para bagre do canal melhores aproveitamentos de polissacarídeos como amido de milho e dextrina, quando comparados com os CDa de monossacarídeos como a glicose.

Embora a dextrina seja um produto parcialmente hidrolisado, neste experimento não foi observado, para nenhum nível de inclusão, aproveitamento satisfatório deste carboidrato, o que pode estar associado a níveis insuficientes de atividade enzimática para finalizar a hidrólise desse polissacarídeo. Segundo Chaplin (2005), os

carboidratos, especialmente aqueles que têm um grande número de grupos hidroxila, são classificados como hidrófilos, mas alguns desses têm a capacidade de gerar áreas apolares (hidrofóbicas). A dextrina tem mostrado capacidade de gerar esses locais apolares, afetando a disponibilidade do fluído intestinal para ser fermentado e ligado aos ácidos biliares. Recentemente Gouveia & Davies (2004) observaram que a inclusão da dextrina em dietas para “european sea bass” alterou a velocidade de trânsito gastrointestinal, aumentando portanto a viscosidade do fluído intestinal e provocando mudanças na absorção de nutrientes.

Os altos e melhores valores dos CDaENN encontrados nas dietas com 40% da fonte (Tabela 3) mostram a capacidade que o pacu possui de aproveitar altos níveis de carboidratos digestíveis da dieta. Um dos fatores que pode ter influenciado nesses resultados, como já foi discutido anteriormente, é o alto teor de fibra bruta das rações com inclusão de 20% do carboidrato, o que pode ter aumentado a velocidade de passagem intestinal das dietas e portanto não ter permitido o máximo aproveitamento do ENN.

Spannhof & Platinkow (1983) não recomendaram a inclusão de amido cru nas dietas para truta arco-íris pela redução da atividade da amilase nos fluidos intestinais pela adsorção da enzima pelo carboidrato. Outro fator apresentado para tal recomendação é que os amidos crus podem aumentar a velocidade de trânsito do quimo ao longo do trato digestório, reduzindo portanto o tempo disponível para absorção. No entanto, os CDaENN satisfatórios encontrados para os polissacarídeos crus testados no presente estudo (AR e AC, Tabela 3) mostram que o pacu tem uma alta capacidade de adaptar-se a diferentes fontes de carboidratos nas dietas, o qual pode estar diretamente relacionado ao seu hábito alimentar onívoro e à composição em carboidratos dos alimentos consumidos na natureza.

Segundo Hung et al. (1990), a baixa utilização de carboidratos altamente solúveis por alguns animais geralmente resulta em sintomas de anormalidade que são considerados indicadores da intolerância aos carboidratos. Mayers (1988) descreve duas causas possíveis de intolerância aos carboidratos: a primeira pode ser resultado

da deficiente absorção de carboidratos específicos e a segunda da inabilidade do animal para regular a concentração sanguínea do carboidrato absorvido.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias dos CDaEB das dietas experimentais. Assim como foi encontrado para os CDaMS e os CDaPB, o melhor aproveitamento energético foi observado com a utilização do APgM (79,5%) e o menor em dietas contendo DX (64,7%). De modo semelhante, anteriores estudos têm confirmado que a utilização de amidos gelatinizados melhorou a disponibilidade da energia das dietas em truta arco-íris (Kaushik & Oliva-Teles 1985), carpa comum (Hernández et al. 1994), tilápia híbrida *Oreochromis niloticus* X *O. aureus* e carpa capim *Ctenopharyngodon idella* (Takeuchi et al. 1994).

Foi constatado que a utilização de 40% das fontes de carboidratos gerou valores médios significativamente melhores de CDaEB (84,7%) quando comparados com 20% (61,1%). Estes resultados foram semelhantes os encontrados para os CDaMS, onde o melhor aproveitamento das dietas ocorreu com o maior nível de inclusão do carboidrato. Takeuchi et al. (1979) encontraram que as médias de digestibilidade da energia em dietas para carpa aumentaram proporcionalmente com o aumento de carboidratos ou lipídeos e com a diminuição do conteúdo de celulose da ração. Tendo em conta que as dietas testadas em pacu foram isocalóricas ($\pm 4200 \text{ cal g}^{-1}$) e pela ausência de efeitos significativos do nível de inclusão no CDaPB e no CDaEE, pode-se deduzir que as diferenças nos CDaEB encontrados para as fontes e para os níveis foram provocadas pelo aproveitamento calórico do extrativo não nitrogenado, como foi constatado na análise do CDaENN.

Foi observado que a utilização de 40% das fontes de carboidratos gerou CDaMS e CDaEB significativamente maiores do que 20%. Foram verificadas interações entre as fontes e os níveis de carboidratos para os coeficientes de digestibilidade aparente do EE e do ENN. A digestibilidade de nutrientes e energia das dietas para pacu foi afetada por fatores como quantidade, qualidade e processamento da fonte de carboidrato. A utilização de 40% de fontes de carboidratos digestíveis com diferentes graus de complexidade resultou em melhores coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia bruta em dietas para o pacu.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, programa PEC/PG (Brasil) pela concessão da bolsa de doutorado do primeiro autor e à empresa CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil) pelo fornecimento das fontes de carboidratos e pelo auxílio financeiro concedido.

Referências

- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, p. 1298 Association of Official Analytical Chemists, 15th (edn), Arlington, VA, USA.
- Barbosa, J. M. (1986) Síntese dos trabalhos realizados com espécies do gênero *Colossoma*. Pirassununga, São Paulo. **Anais Proceedings...Pirassununga**, São Paulo: CEPTA, p. 8.
- Bergot, F. (1979) Carbohydrates in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrates and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, **18**, 157–167.
- Bergot, F. & Breque, J. (1983) Digestibility of starch by rainbow trout: Effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture*, **34**, 203-212.
- Borghetti, J. R., Lepeleire, R.E.M., Fernandez, D.R. (1991) Os efeitos da origem da proteína no crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) criado em tanques-rede. *Revista Brasileira de Biologia*, **51**, 689-694.
- Carratore, C.R., Urbinati, E.C., Pezzato, L.E. (2002) Desempenho produtivo e digestibilidade aparente de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), alimentados com níveis crescentes de amido de milho. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*, Goiânia.
- Carneiro, D.J., Castagnolli, N., Machado, C.R., Verardino, M. (1984) Nutrição do pacu, *Colossoma mitrei* (BERG, 1895), Pisces, Characidae. I Níveis de proteína dietária. In: *Anais do III Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*, São Carlos, SP, Brasil, p. 105-119.

- Carneiro, D.J., Wagner, P.M., Dias, T.C.R. (1992) Efeito da densidade de estocagem e do nível de proteína bruta na dieta, no desempenho de produção de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*, Peruíbe, SP, Brasil, p. 52-61.
- Castagnolli, N. & Zuim, S.M.F. (1985) *Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu Colossoma mitrei (BERG, 1895)*, p. 30. FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.
- Chaplin, M. (2005a) Starch. Disponível em: <<http://lsbu.ac.uk./water/hysta.html>>. Acesso em 9 fev. 2005.
- Chaplin, M. (2005b) Starch. Disponível em: <<http://lsbu.ac.uk./water/hypol.html>>. Acesso em 9 fev. 2005.
- Duncan, D.B. (1955) Multiple range an multiple "F" test. *Biometrics*, **11**, 1-42.
- Fernandes, J. B. K., Carneiro, D.J., Sakomura, N.K. (2000) Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **29**, 646-653.
- Foneris, G., Boccignone, M., Palmegiano, G.B., Quaglino, G., Roagna, L. (1993) Digestibility of maize and rice in carp (*C. carpio*) feed processed with starch gelation. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, **8**, 1-8.
- Furukawa, A. & Tsukahara, H. (1976) On the acid digestion method for the determination of chromic oxyde as an index substance in the study of digestibility of fish feed. *Bulletin of the Japanese Society Scientific Fisheries*, **32**, 502-506.
- Gallant, D.J., Bouchet, B., Buleon, A., Pérez, S. (1992) Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition*. **46** (supplement 2), S3-S16.
- Gouveia, A. & Davies, S.J. (2004) Modulation on the pós-prandial plasma glucose profile in juvenile european sea bass *Dicentrarchus labrax* fed diets varying in starch complexy. *Journal of the World Aquaculture Society*. **35**, 392-400.
- Halver, J.E. & Hardy, R. W. (eds.) (2002) *Fish Nutrition* (3d edn). p. 824. Academic Press, Amsterdam, Holanda.
- Hemre, G.I., Lie, O., Lied, E., Lambertsen, G. (1989) Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): Digestibility and retention. *Aquaculture*, **80**, 261-270.

- Hernández, M., Takeuchi, T., Watanabe, T. (1994) Effect of gelatinized corn meal as a carbohydrate source on growth performance, intestinal evacuation, and starch digestion in common carp. *Fisheries Science*, **60**, 579-582.
- Herold, M.A., Silas, S.O., Hung, S.S.O., Fynn-Aikins, K. (1995) Apparent digestibility coefficients of carbohydrates for white sturgeon. *The Progressive Fish-Culturist*, **57**, 137-140.
- Hillestad, M., Johnsen, F., Åsgård, T. (2001) Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Research*, **32**, 517-529.
- Hung, S.S.O., Groff, J.M., Lutes, P.B., Fynn-Aikins, F.K. (1990) Hepatic and intestinal histology of juvenile white sturgeon fed different carbohydrates. *Aquaculture*, **87**, 349-360.
- INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE. Starch & sweetener dictionary. Disponível em: <<http://www.starch.dk/isi/starch/glosary.htm>>. Acesso em: 9 fev. 2005
- Kaushik, S.J., Oliva-Teles, A. (1985) Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, **50**, 89-101.
- Littell, R. et al. (1996) *SAS System for mixed models*, SAS Institute Inc., p. 633, Cary, NC, USA.
- Mayers, P.A. (1988) Nutrition, digestion & absorption: In: *Harper's Biochemistry*, 21st ed. (Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A., Rodwell, V.W., eds), pp. 571-588. Appleton and Lange, San Mateo, CA.
- Melo, W.J.; Bertipaglia, L.A.; Melo, G.P.; Melo, V.P. (1998) *Carboidratos*, p. 214. Funep, Jaboticabal, SP, Brasil.
- Muñoz-Ramírez, A.P. & Carneiro, D.J. (2002) Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível protéico para o crescimento inicial de alevinos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum*, **24**, 909-916.
- Muñoz-Ramírez, A.P., Carneiro, D.J., Abimorad, E.G. (2003) Relaciones carbohidratos : lípidos en dietas para juveniles de pacu *Piaractus mesopotamicus*: I. digestibilidad de nutrientes y tiempo de tránsito gastrointestinal. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuárias*. **16** (s), 78.
- Nose, T. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: SYMPOSIUM ON FEEDING TROUT AND SALMON CULTURE, SC II-7., 1966, Belgrade. **Proceedings...** Belgrade: EIFAC, 1966. p.17. (normas)

- Pieper, A. & Pfeffer, E. (1980) Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrate, protein and fats by rainbow trout, *Salmo gairdneri* R. *Aquaculture*, **20**, 323–332.
- Podoskina, T.A., Podoskin, A.G., Bekina, E.N. (1997) Efficiency of utilization of some starch modifications by rainbow trout (*O. mykiss*). *Aquaculture*, **152**, 235–248.
- Rawles, S.D. & Gatlin III, D.M. (1998) Carbohydrate utilization in striped bass (*M. saxatilis*) and sunshine bass (*M. chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquaculture*, **161**, 201-212.
- Rawles, S. & Lochmann, R. (2003) Effects of amylopectin/amylase starch ratio on growth, body composition and glycemic response of sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Journal of the World Aquaculture Society*. **34**, 278-288.
- Rychly, J. & Spannhof, L. (1979) Nitrogen balance in trout. I. Digestibility of diets containing varying levels of protein and carbohydrate. *Aquaculture*, **161**, 39-46.
- Saint-Paul, U. (1986) Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, **54**, 205-240.
- Saldaña, A.L. & López, M.E.M. (1988) Formulación y evaluación de dietas para *Colossoma macropomum* en México. In: *Anais do IV Simpósio Latino Americano Brasileiro de Aqüicultura e V Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*, Florianópolis, SC, Brasil, p.323-339.
- Shiau, S.Y. & Chuang, J.C. (1995) Utilization of disaccharides by juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, **133**, 249-256.
- Silva, A.J. (1985) *Aspectos da alimentação do pacu adulto, Colossoma mitrei (BERG, 1985) (PISCES, CHARACIDAE), no pantanal de Mato Grosso*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Soler-Jaramillo, M.D.P. (1996) Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. In: *Fundamentos en Nutrición y Alimentación en Acuicultura* (Soler-Jaramillo, M.D.P.; Rodríguez-Gómez, H., Daza, P.V. eds), pp. 23-52. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Spanhof, L. & Plantikow, H. (1983) Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture*, **30**, 95-108.
- Stech, M.R. (1999) *Utilização de soja integral processada em dietas para o crescimento de pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)*. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.

- Steffens, W. (1987) *Principios Fundamentales de la Alimentación de los Peces*, p. 265. Acribia, Zaragoza, España.
- Stickney, R.P. & Shumway, S.E. (1974) Occurrence of cellulase activity in the stomach of fishes. *Journal of Fish Biology*, **6**, 779-790.
- Storebakken, T., Shearer, K.D., Refstie, S., Lagocki, S., McCool, J. (1998) Interactions between salinity, dietary carbohydrate source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, **163**, 347–359.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C. (1979) Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **45**, 983-987.
- Takeuchi, T., Hernandez, M., Watanabe, T. (1994) Nutritive value of gelatinized corn meal as a carbohydrate source to grass carp and hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Fisheries Science*, **60**, 573-577.
- Toledo, M.P. (2004) *Processamentos de dietas práticas com diferentes fontes de energia para o crescimento e a digestibilidade da tilápia do Nilo*. Tese de Doutorado em Aqüicultura, Centro de Aqüicultura, UNESP, Jaboticabal, SP, Jaboticabal.
- Ufodike, E.B.C. & Matty, A.J. (1983) Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of cassava and rice. *Aquaculture*, **31**, 41-50.
- Wilson, R.P. & Poe, W.E. (1987) Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono- and disaccharides as energy sources. *Journal Nutrition*. **117**, 280-285.

CAPÍTULO III⁹

CRESCIMENTO DE JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus* ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES DE CARBOIDRATOS

^{9/} Apresentado conforme as normas para publicação do *Aquaculture Nutrition* (Anexo 3)

Crescimento de juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* alimentados com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos

Título resumido: Utilização de carboidratos pelo pacu

Adriana Patricia Muñoz-Ramírez^{1/}, Dalton José Carneiro^{1/*},
Gisele Cristina Fávero^{1/}, Ana Paula Guerrelhas Teixeira^{1/}

^{1/} Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - Centro de Aqüicultura da UNESP. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane S/N. CEP: 14884-900 Jaboticabal, SP, Brasil. Phone 55-16-32032110, Fax 55-16-32032268. adrimu@iq.com.br

* Autor para correspondência

Palavras-chave: carboidratos, crescimento, amido, glicose, pacu, *Piaractus mesopotamicus*

Resumo

O valor nutricional das várias formas de carboidratos em peixes parece estar relacionado com sua complexidade. Foi estudada a utilização de diferentes fontes de carboidratos para pacu *Piaractus mesopotamicus* mediante a avaliação de sete dietas isoprotéicas, com uma composição básica de ingredientes (farinha de peixe, carboximetil celulose, celulose microfina, óleo de soja e suplemento vitamínico e mineral), contendo cada uma 40% de uma das sete diferentes fontes purificadas de carboidratos: amido de milho regular, amido de milho ceroso, amido de milho pré-gelatinizado, fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada, dextrina, maltodextrina e dextrose (glicose). O ensaio de crescimento de juvenis de pacu foi conduzido durante 60 dias, e utilizando-se 126 peixes de $49,1 \pm 8,3$ g de peso inicial. Foram avaliados os parâmetros de desempenho produtivo, composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes e energia bruta. Utilizando um delineamento inteiramente casualizado, foram estudadas sete dietas, com três repetições e seis peixes por repetição. Para todos os parâmetros estudados foram encontradas diferenças significativas provocadas pela complexidade das fontes de carboidratos avaliadas. No geral, as fontes de carboidratos mais complexas sem gelatinização (amido regular e ceroso), assim como a mais simples (glicose), não se mostraram como boas fontes para a alimentação do pacu. Assim, o melhor desempenho geral dos peixes foi obtido com a fécula de mandioca e o amido pré-gelatinizado e modificado (FPgM e APgM), mostrando o efeito benéfico que teve a gelatinização dos carboidratos sobre o crescimento do pacu. No entanto, a FPgM produz os peixes com maior teor de gordura corporal.

Growth of juveniles pacu *Piaractus mesopotamicus* fed diets containing different carbohydrates sources

Summarized title: Utilization of carbohydrates by pacu

Key words: carbohydrates, growth, starch, glucose, pacu, *Piaractus mesopotamicus*

Abstract

The nutritional value of many forms of carbohydrates seems to be related to its complexity. The utilization of different sources of carbohydrates for pacu *Piaractus mesopotamicus* was assessed by using seven isoproteic diets with a basic composition of ingredients (fish meal, carboxymethyl cellulose, fine cellulose, soybean oil, mineral, and vitamin supplement), each containing 40% of one of the following purified carbohydrates sources: regular corn starch, waxy corn starch, pregelatinized and modified regular corn starch, modified and pregelatinized cassava starch, dextrin, malt dextrin, and dextrose (glucose). The growth trial of juvenile pacu was conducted for 60 days, using 126 fishes of 49.1 ± 8.3 g initial weight. Productive performance, body composition, nutrients, and crude energy utilization efficiency were evaluated. The experiment design was completely randomized with seven treatments (carbohydrate sources), three replicates and six fishes per experimental diet. Significant differences caused by the complexity of the carbohydrate sources were found for all parameters studied. In general, pacu did not responded well to the most complex carbohydrate with no gelatinization (regular or waxy starch), as well as glucose. Therefore, best fish general performance was achieved with pregelatinized and modified cassava starch and pregelatinized and modified corn starch (FPgM and APgM), exhibiting benefic effect of carbohydrate gelatinization on pacu's growth. However FPgM diet produced the fattest fish.

Introdução

O pacu é uma das espécies mais promissoras da piscicultura brasileira, em função do seu hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, fecundidade elevada, fácil adaptação à alimentação artificial e grande aceitação no mercado (Castagnolli & Zuim 1985). Têm sido verificado que o alimento encontrado no estômago do pacu na natureza é constituído principalmente de folhas, resíduos vegetais e raramente restos de peixes e/ou moluscos e crustáceos, mostrando que se trata de uma espécie herbívora do tipo podador, com preferência frugívora (Silva 1985). Alguns trabalhos foram realizados com o propósito de avaliar aspectos da biologia e ecologia, em ambiente natural do pacu, mas poucos têm visado o estudo de fontes variadas de carboidratos.

Desde o ponto de vista da nutrição de peixes é necessário realizar um trabalho contínuo para a redução dos custos de produção sem afetar a qualidade das dietas, atingindo as exigências nutricionais dos organismos. Segundo Toledo (2004), uma das estratégias que têm sido adotadas na pesquisa em nutrição de peixes para diminuir o custo por quilo de peixe produzido, está relacionada à utilização de fontes de energia de baixo custo, tais como os ingredientes ricos em carboidratos ou lipídeos, visando economizar proteína como fonte de energia para o metabolismo e utilizando-a para crescimento.

Segundo Tacon (1988), os peixes não têm exigências de carboidratos porque são capazes de sintetizá-los a partir de substratos como proteína e lipídeos através da gliconeogênese. Na extensa revisão realizada por Wilson (1994) sobre a utilização de carboidratos pelos peixes, não há relatos que mostrem que estes têm exigências específicas deste nutriente. No entanto, o autor relata que alguns peixes mostram diminuição do crescimento quando alimentados com dietas livres de carboidratos e que fontes complexas de carboidratos, como amido cozido e dextrina, têm sido utilizados mais eficientemente do que açúcares simples pela maioria dos peixes.

Os amidos dos grãos e plantas são os principais carboidratos digestíveis encontrados nas rações comerciais para peixes (Rawles & Lochmann 2003). A maior

parte dos amidos é composta por 70-80% de amilopectina e 20-30% de amilose (Gallant et al. 1992), mas existem outras classes de amidos com proporções amilopectina/amilose alteradas por processos químicos e físicos ou pelo cultivo de variedades mutantes de grãos (ex. amido ceroso ou “waxy”). A amilose é uma cadeia reta e longa de unidades de glicose que pode apresentar forma helicoidal e a amilopectina caracteriza-se por ser uma estrutura ramificada com numerosas unidades de glicose. Estas diferenças estruturais entre os amidos podem estar associadas às diferenças encontradas de digestão das fontes de carboidratos disponíveis.

Diversas fontes de carboidratos têm demonstrado ter um efeito significativo sobre a utilização do alimento e taxa de crescimento em algumas espécies de peixes (Bergot e Breque, 1983; Hilton et al., 1987; Hung, 1991; Hemre e Hansen, 1998). Avaliando o crescimento do esturjão branco *Acipenser transmontanus*, alimentado com glicose, frutose, maltose, sacarose, lactose, dextrina, amido de milho cru ou celulose, Hung et al. (1989) encontraram diferenças significativas para a utilização destes carboidratos em crescimento, composição corporal, química plasmática e atividade enzimática. Os autores atribuíram tais diferenças à possível incapacidade do esturjão de adaptar-se a fontes complexas de carboidratos.

A inabilidade aparente do bagre do canal *Ictalurus punctatus* de utilizar mono e disacarídeos (glicose, maltose, frutose, sacarose) como fontes de energia foi relatada por Wilson e Poe (1987), os quais encontraram melhor crescimento quando os peixes foram alimentados com fontes mais complexas como dextrina e em seguida amido de milho. Resultados similares foram encontrados por Lee et al. (2003) para juvenis do falso “halibut” do Japão *Paralichthys olivaceus*, e por Lee e Lee (2004) para o “solha-estrelada-do-Pacífico” *Platichthys stellatus*. Nestes estudos o melhor desempenho e eficiência energética foram obtidos com dietas contendo dextrina, quando comparada com outra fonte mais simples de carboidratos como glicose.

Tendo em conta o hábito onívoro do pacu e através de um estudo de crescimento e de eficiência de retenção de nutrientes, foi avaliada a habilidade da espécie para utilizar sete fontes de carboidratos com diferentes graus de complexidade.

Material e métodos

Dietas experimentais

Sete dietas semipurificadas foram formuladas contendo aproximadamente 29% de PB e 4077 cal g⁻¹ de EB. Nelas foi utilizada uma composição básica de ingredientes, além de 40%¹⁰ de cada uma das sete diferentes fontes purificadas de carboidratos¹¹: A – *Polissacarídeos*¹²: **AR**: contendo amido de milho regular; **AC**: contendo mido de milho ceroso; *B - Polissacarídeos modificados*: **APgM**: contendo amido de milho pré-gelatinizado e modificado; **FPgM**: contendo fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada; *C - Polissacarídeos parcialmente hidrolizados*: **DX**: contendo dextrina; **MD**: contendo maltodextrina¹³; *D - Monossacarídeo*: **GL**: contendo dextrose monohidratada (glicose)¹⁴. Os ingredientes foram misturados manualmente e acrescidos de água fria em quantidade suficiente para obter uma massa de consistência apropriada para ser peletizada em moinho elétrico, evitando assim, modificação nas características dos ingredientes pela pouca variação na temperatura de processamento. As dietas foram secas a 55 °C durante 48 h, posteriormente acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em congelador até sua utilização. O arraçoamento foi realizado até a saciedade, durante 60 dias, duas vezes ao dia, às 9:00 e 17:00 h, evitando-se sobras, de forma que a quantidade oferecida pudesse ser considerada como consumida.

As fórmulas e a composição proximal das dietas experimentais são apresentadas na Tabela 1.

¹⁰ Mesmo nível utilizado por Muñoz-Ramírez et al. (2005) Digestibilidade aparente de nutrientes e energia de dietas contendo diferentes fontes e níveis de carboidratos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*).- Publicação em preparação (Capítulo II).

¹¹ CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil)

¹² Amido regular (30% amilose /70 % amilopectina); Amido ceroso (99% amilopectina)

¹³ Maltodextrina: 18,4 DE = Dextrose Equivalente

¹⁴ Glicose: 99 DE = Dextrose Equivalente

Tabela 1. Fórmula e composição proximal das dietas experimentais

Ingredientes (g kg ⁻¹ dieta, mat. Seca orig.)	AR₄₀	AC₄₀	APgM₄₀	FPgM₄₀	DX₄₀	MD₄₀	GL₄₀
Farinha de peixe (48,7% PB) ^{a/}	532	532	532	532	532	532	532
Amido de milho regular ^{b/}	400	-	-	-	-	-	-
Amido de milho ceroso ^{b/}	-	400	-	-	-	-	-
Amido milho pregel.e modif. ^{b/}	-	-	400	-	-	-	-
Fécula mandioca preg.modif. ^{b/}	-	-	-	400	-	-	-
Dextrina ^{b/}	-	-	-	-	400	-	-
Maltodextrina ^{b/}	-	-	-	-	-	400	-
Dextrose (glicose) ^{b/}	-	-	-	-	-	-	400
Óleo de soja ^{e/}	36	36	36	36	36	36	36
CMC ^{f/}	10	10	10	10	10	10	10
Celulose microfina ^{e/}	12	12	12	12	12	12	12
Suplemento vitam. e mineral ^{i/}	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Vitamina C ^{g/}	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
Composição analisada							
(g kg ⁻¹ dieta, 100% mat.seca):							
Proteína bruta	291	293	284	283	286	286	299
Extrato etéreo ^{h/}	70	70	70	70	70	70	70
Matéria mineral	194	190	187	177	177	186	192
Fibra bruta	37	35	34	36	33	37	40
Extrativo não nitrogenado ^{i/}	408	412	425	434	434	421	399
Lisina ^{j/}	21	20	20	21	21	20	21
Metionina ^{j/}	8	7	7	8	8	7	8
Cálcio	61	68	60	64	58	59	61
Fósforo total	30	32	29	31	28	28	29
Total (mono + oligossac.)	1,24	2,50	2,80	2,38	6,22	77,44	383,78
Dextrose	0,04	0,05	0,05	0,16	0,08	3,01	383,78
Frutose	0,02	0,01	0,03	0,05	0,09	0,10	nd
Lactose	nd ^{k/}	nd	nd	nd	0,12	nd	nd
Sacarose	0,06	0,05	0,06	0,03	0,07	0,08	nd
Maltose	0,49	0,93	1,22	0,63	0,84	19,89	nd
Maltotriose	0,27	0,59	0,73	0,33	1,04	14,37	nd
Outros oligossacarídeos	0,37	0,89	0,72	1,18	3,99	40,00	nd
Energia bruta (cal g ⁻¹)	4076	4012	4008	4101	4119	4077	4148

^{a/}Comércio e Indústria de Pescado TRIDA PALLE (Itajaí, Brasil).

^{b/}CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil): Amido de milho regular *Amisol*[®] 3408 - **AR**; Amido de milho ceroso *Amisol*[®] 4000 - **AC**; Amido de milho pré-gelatinizado e modificado *RD 337* - **APgM**; Fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada *RD 323* - **FPgM**; Dextrina *Amidex*[®] 182 - **DX**; Maltodextrina *Mor Rex*[®] 1920 - **MD**; Dextrose monohid. (glicose) *Cerelose*[®] 020020 - **GL**.

^{c/}Produtos alimentícios Orlandia S/A Com. Ind. (Orlandia, Brasil)

^{d/}Carboximetil celulose sódica U.S.P.[®] LABSYNTH Produtos para laboratório Ltda (Diadema, Brasil)

^{e/}RHOSTER Indústria e Comércio Ltda (Vargem Grande Paulista, Brasil)

^{f/}Mesmo que em Muñoz-Ramírez & Carneiro (2002)

^{g/}Fonte de vitamina C: 35% de L-ácido ascórbico monofosfato – Hoffman La Roche (Basel, Suíça)

^{h/}Valores calculados

^{i/}Calculado por diferença: 100 – (proteína bruta + extrato etéreo + matéria mineral + fibra bruta)

^{j/}Calculado

^{k/}nd = não detectado

Composição química centesimal

Amostras dos ingredientes, dietas-teste e carcaças dos peixes no início e final do experimento foram analisadas quanto a sua composição bromatológica, conforme metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C., 1990). A determinação da energia bruta foi realizada através da queima das amostras em bomba calorimétrica Parr 1281. Os teores de umidade foram determinados submetendo-se as amostras à secagem em estufa a 105^oC por 16 horas. Os teores de proteína bruta foram calculados pelo conteúdo de nitrogênio total, determinado pelo método de Kjeldahl e multiplicados pelo fator 6,25. Os níveis de extrato etéreo foram determinados utilizando-se o aparelho de extração Soxhlet, tendo como solvente éter de petróleo (p.e. 30 – 60 ^oC), com refluxo contínuo através da amostra, durante 5 horas. A concentração de matéria mineral foi determinada carbonizando-se as amostras em mufla a 600 ^oC por 3 horas. O conteúdo de fibra bruta dos ingredientes e dietas foi obtido a partir das amostras desengorduradas pela digestão com soluções de hidróxido de sódio e ácido sulfúrico (1,25%), com posterior filtragem e incineração em mufla. O teor de extrativo não nitrogenado foi obtido subtraindo da matéria seca o total de nutrientes analisados. As análises de cálcio e fósforo total foram realizadas segundo metodologia utilizada no Laboratório Técnico da CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil), em espectrômetria de emissão ótica com plasma induzido (IPC-OES “Inductivity coupled plasma optical emission spectrometer”). O teor de monossacarídeos e oligossacarídeos das rações foi obtido utilizando um cromatógrafo tipo IC, marca Dionex com detector ED50 e bomba de gradiente GS50, com uma coluna Carbopac PA100 2mmx 250mm. As análises de matéria seca e mineral, fibra e energia bruta foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da FCAV da UNESP, Campus de Jaboticabal–SP, Brasil. Demais análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do CAUNESP, Campus de Jaboticabal–SP.

Ensaio de crescimento

Foram utilizados 126 juvenis de pacu com peso médio de $49,1 \pm 8,3$ g. Os peixes passaram inicialmente por um período de adaptação de 30 dias às condições experimentais do laboratório e mantidos em caixa de 1000 L. Durante este período os peixes receberam ração comercial extrusada¹⁵ contendo 28 % proteína bruta (PB). Posteriormente ao período de adaptação, os peixes foram estocados em 21 caixas de cimento-amianto com capacidade de 120 L, numa densidade de seis indivíduos/caixa. A água utilizada era proveniente de poço artesiano e o sistema de aeração manteve-se constante através de compressor radial. O fluxo de água foi contínuo, com troca total de aproximadamente 20 vezes ao dia. A temperatura dos aquários foi aferida diariamente e semanalmente foram medidos os valores de pH e as concentrações de oxigênio dissolvido da água. Observaram-se valores médios de temperatura de $27,1 \pm 0,8$ °C, pH de $7,8 \pm 0,3$ e oxigênio dissolvido de $5,7 \pm 0,4$ mg L⁻¹.

Parâmetros avaliados

O desempenho produtivo dos alevinos de pacu em cada parcela experimental foi analisado através do ganho em peso diário (GP), crescimento diário (CD), consumo diário de alimento (CDA), conversão alimentar (CA), taxas de crescimento específico (TCE) e de eficiência protéica (TEP), índice de consumo (IC) e fator de condição (FC). Para o cálculo dos parâmetros de crescimento foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Ganho em peso diário (g dia⁻¹) = (peso final - peso inicial) / tempo

Crescimento diário (cm dia⁻¹) = (comprimento final – comprimento inicial) / tempo

Consumo diário (g dia⁻¹) = consumo de alimento / tempo

Conversão alimentar = consumo de alimento / ganho em peso total

Taxa de crescimento específico (% dia⁻¹) = (ln peso final - ln peso inicial) x 100 / tempo

Taxa de eficiência protéica = ganho em peso vivo / proteína bruta consumida

¹⁵ Poli-nutri Alimentos, Brasil

Índice de consumo (%_{peso vivo} dia⁻¹) = cons. médio dia x 100 / peso vivo médio período
Fator de condição = (peso final / (comprimento final)³) * 100

No início do período experimental, 12 peixes que também passaram pelo período de adaptação foram sacrificados e ao final, três peixes de cada uma das parcelas, para a determinação da composição corporal. Antes de serem sacrificados, os peixes permaneceram em jejum por 24 h para o esvaziamento gástrico. Em seguida, foram anestesiados em solução de benzocaína (0,07 g L⁻¹ água), abatidos e congelados. As carcaças de cada repetição foram moídas em moinho elétrico, secas à 55°C em estufa com circulação de ar durante 72 h para determinação da primeira matéria seca e posterior realização das análises de composição corporal. As médias da composição corporal inicial e final dos peixes foram usadas no cálculo das Eficiências de Retenção de Proteína Bruta (ER_{PB}) e de Retenção de Energia Bruta (ER_{EB}), além das Proporções de Proteína no Ganho de Peso (PB_{GP}) e de Extrato Etéreo no Ganho de Peso (EE_{GP}). Para o cálculo dos parâmetros de eficiência nutricional foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Eficiência de retenção de proteína bruta (%) = $(PB_f \times P_f) - (PB_i \times P_i) \times 100 / C_{PB}$

Eficiência de retenção de energia bruta (%) = $(EB_f \times P_f) - (EB_i \times P_i) \times 100 / C_{EB}$

Proporção da proteína bruta no ganho em peso (%) = $(PB_f \times P_f) - (PB_i \times P_i) \times 100 / (P_f - P_i)$

Proporção do extrato etéreo no ganho em peso (%) = $(EE_f \times P_f) - (EE_i \times P_i) \times 100 / (P_f - P_i)$

Onde:

PB_f, EB_f, EE_f: proteína bruta, energia bruta ou extrato etéreo final na carcaça

PB_i, EB_i, EE_i: proteína bruta, energia bruta ou extrato etéreo inicial na carcaça

C_{PB}, C_{EB}: consumo de proteína bruta ou de energia bruta

P_i, P_f: peso vivo inicial ou peso vivo final

Delineamento experimental e análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada através de um delineamento inteiramente casualizado constituído por sete tratamentos, com três repetições e seis peixes por repetição. Quando foram verificadas diferenças significativas entre os resultados dos tratamentos ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Duncan (Duncan, 1955). Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS V.8.0. (Littell et al., 1995).

Resultados e discussão

Para todos os tratamentos foi registrada uma taxa de sobrevivência de 100%, sugerindo a viabilidade da utilização de qualquer uma das sete fontes de carboidratos nos estudos nutricionais do peixe onívoro pacu.

Os resultados das análises de variância do desempenho de produção são apresentados na Tabela 2. Observa-se que em todos os parâmetros de crescimento estudados houve diferenças significativas, provocadas pela complexidade das fontes de carboidratos avaliadas. O teor de açúcares simples determinado nas análises laboratoriais (monossacarídeos + oligossacarídeos; Tabela 1) foi um dos fatores utilizados para definir o grau de complexidade das rações contendo as fontes de carboidratos, definindo como as dietas menos complexas aquelas com maior teor de açúcares simples e vice-versa.

As fontes mais complexas não gelatinizadas (AR, AC), assim como as parcialmente hidrolizadas ou com maior teor de oligo e monossacarídeos (DX, MD, GL), não se mostraram boas fontes de carboidratos para a alimentação do pacu (Tabela 2), encontrando portanto, melhor desempenho com as dietas contendo amidos modificados e pré-gelatinizados de milho (APgM) e de mandioca (FPgM).

Tabela 2 – Valores de F e médias dos parâmetros de desempenho de produção dos juvenis de pacu

Causas de Variação	Valores de F							
	Ganho em peso diário <i>g dia⁻¹</i>	Crescimento Diário <i>cm dia⁻¹</i>	Consumo Diário <i>g dia⁻¹</i>	Conversão alimentar	TCE ^{1/} <i>% dia</i>	TEP ^{2/}	Índice de consumo <i>%PV dia⁻¹</i>	Fator de condição
Fonte	7,3**	12,6**	7,7**	82,1**	9,2**	22,4**	14,4**	3,3**
CV (%)	30,9	12,1	20,2	10,7	23,2	13,0	10,2	6,0
Médias para dietas^{3/}:								
AR ₄₀	0,67 b ^{4/}	0,08 b	1,40 ab	2,16 c	0,98 b	1,77 c	2,05 ab	2,06 b
AC ₄₀	0,77 b	0,09 ab	1,33 ab	1,78 bc	1,10 b	2,07 c	1,84 bc	2,07 b
APgM ₄₀	1,01 ab	0,10 ab	1,42 ab	1,47 ab	1,25 ab	2,61 b	1,69 c	2,06 b
FPgM ₄₀	1,31 a	0,10 a	1,63 ab	1,25 a	1,61 a	3,12 a	1,85 bc	2,20 a
DX ₄₀	0,97 ab	0,10 ab	1,84 a	1,92 c	1,24 ab	1,09 c	2,26 a	2,08 b
MD ₄₀	0,68 b	0,09 b	1,20 b	1,76 bc	1,04 b	2,12 c	1,77 bc	2,09 b
GL ₄₀	0,10 c	0,04 c	0,48 c	4,85 d	0,20 c	0,75 d	0,98 d	2,06 b

^{1/}Taxa de crescimento específico

^{2/}Taxa de eficiência protéica

^{3/} Fontes: **AR**: amido de milho regular; **AC** - amido de milho ceroso; **APgM**: amido de milho pré-gelatinizado e modificado; **FPgM**: fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada **DX**: dextrina; **MD**: maltodextrina; **GL**: dextrose (glicose).

^{4/}Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan.

* (P<0,05), ** (P<0,01).

As exigências de carboidratos nas dietas para peixes ainda não foram completamente demonstradas. No entanto, sua utilização em níveis apropriados tem melhorado o crescimento de juvenis de “cod” *Gadus morhua* (Hemre et al. 1993), salmão do Atlântico *Salmo salar* (Hemre et al. 1995) e truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Peragón et al. 1999). Estudos realizados com espécies onívoras como a carpa comum *Cyprinus carpio* (Furuichi & Yone 1982), bagre do canal (Wilson & Poe 1987) e tilápia híbrida *Oreochromis niloticus* X *O. aureus* (Lin et al. 1997) têm mostrado uma melhor utilização de carboidratos complexos como dextrina e amido frente a açúcares simples como glicose.

Avaliando a utilização de 30% de glicose ou amido de milho em dietas para carpa capim *Ctenopharyngodon idella*, Tian et al (2004) encontraram que o ganho em peso, eficiência alimentar, taxa de eficiência protéica e umidade da carcaça inteira foram significativamente maiores com a inclusão de amido de milho. Entretanto, a utilização de glicose e maltose foi mais eficiente que os carboidratos complexos na alimentação do esturjão branco (Hung et al. 1989; Deng et al. 2001). O motivo dessas diferenças entre espécies não está ainda completamente entendido.

Além da complexidade molecular, as diferenças no aproveitamento dos carboidratos encontradas nos estudos realizados com diversas espécies também podem estar relacionadas ao hábito alimentar e portanto com as particularidades anatômicas do trato gastrintestinal dos peixes. Segundo Rust (2002), os peixes carnívoros não possuem cecos definidos e apresentam intestino relativamente curto o que ocasiona que a atividade da α -amilase nestas espécies seja menor do que em peixes onívoros. Por conseguinte, um curto tempo de trânsito restringe a capacidade de hidrólise intestinal, causando limitada digestão e absorção e assim, utilização restrita dos carboidratos complexos (Herold et al. 1995). O hábito onívoro do pacu, a morfologia do trato digestório e a capacidade de armazenamento estomacal que possui, permitem que haja uma liberação contínua do alimento o que possibilita uma ação mais eficiente da amilase nos cecos e intestinos, permitindo portanto melhor digestão e absorção das fontes complexas de carboidratos.

No presente estudo (Tabela 2), os peixes que consumiram dietas contendo fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada (FPgM) apresentaram significativamente as melhores médias de ganho em peso ($1,31 \text{ g dia}^{-1}$), crescimento diário ($0,10 \text{ cm dia}^{-1}$), conversão alimentar (1,25), taxa de crescimento específico ($1,61 \text{ \% dia}^{-1}$), taxa de eficiência protéica (3,12) e fator de condição (2,20). Foi observado que os peixes que receberam as dietas contendo glicose (GL) mostraram médias de desempenho significativamente mais baixas quando comparadas com os resultados das outras fontes de carboidratos.

O consumo diário das dietas experimentais pode ter sido estimulado ou diminuído por diversos fatores como disponibilidade energética e palatabilidade (Tabela 2). Diferentemente do observado no presente estudo, trabalhos anteriores realizados com robalo europeu *Dicentrarchus labrax* (Peres & Oliva-Teles 2002), truta arco-íris (Kaushik & Oliva-Teles 1985) e “cód” (Hemre et al. 1989) mostraram decréscimos significativos no consumo de alimento contendo amidos gelatinizados. No presente trabalho, embora as maiores médias de consumo diário ($1,84 \text{ g dia}^{-1}$) e índice de consumo ($2,26\%_{\text{peso vivo}} \text{ dia}^{-1}$) tenham sido observados para a dieta com inclusão de dextrina (DX), não houve uma resposta satisfatória nos demais parâmetros de desempenho. O menor consumo de alimento foi observado para os peixes que receberam a dieta com inclusão de glicose (GL; $0,48 \text{ g dia}^{-1}$ e $0,98 \text{ \%}_{\text{peso vivo}} \text{ dia}^{-1}$).

Observou-se que a baixa ingestão de nutrientes provocada pelo baixo consumo da dieta contendo glicose gerou o menor ganho em peso e crescimento diário ($0,10 \text{ g dia}^{-1}$ e $0,04 \text{ cm dia}^{-1}$, respectivamente), as mais baixas taxas de crescimento específico e de eficiência protéica ($0,20 \text{ \% dia}^{-1}$ e $0,75$, respectivamente) e média de conversão alimentar insatisfatória (4,85). Segundo Pieper & Pfeffer (1980), a baixa utilização da glicose em peixes tem sido atribuída entre outros fatores à rápida absorção desse monossacarídeo, quando comparada com a absorção de polissacarídeos como amido. A rápida absorção de glicose poderia significar que uma quantidade considerável desta molécula fica disponível antes que haja uma elevação suficiente da atividade das enzimas do metabolismo dos carboidratos (Shiau & Lin, 2002). Isso, portanto, restringiria a utilização de carboidratos altamente disponíveis e assim causaria a baixa

utilização da glicose pelos peixes (Furuchi & Yone, 1982). Acredita-se também que a rápida absorção de glicose pode ter disponibilizado energia suficiente ao organismo do peixe atingindo portanto mais rapidamente o ponto de saciedade.

Segundo Wilson (1994), os carboidratos da dieta são nutrientes lentamente digeridos, o que pode gerar respostas glicêmicas estáveis e melhor crescimento. No entanto, Rawles & Lochmann (2003) advertem que uma melhoria na qualidade do ganho em peso (incremento da massa corporal e diminuição da gordura visceral) tem sido difícil de conseguir em peixes alimentados com grandes quantidades de carboidratos na dieta. Segundo Bjorck et al. (1994), em alguns estudos com mamíferos, os pesquisadores têm conseguido identificar os modelos metabólicos de carboidratos e lipídeos que representam um melhor bem-estar e crescimento, mediante a manipulação da relação amilopectina/amilose dos carboidratos da dieta. Deste modo, Rawles & Lochmann (2003) estudaram os efeitos da relação amilopectina/amilose do milho no crescimento, composição corporal e resposta glicêmica em alevinos híbridos de “sunshine bass” (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). Foram estudadas cinco dietas contendo 25% de cada uma das fontes testadas: glicose, dextrina ou amido de milho com três diferentes relações de amilopectina e amilose (100% amilopectina/0% amilose, 70% amilopectina/30% amilose o 30% amilopectina/70% amilose). Os autores observaram que o uso de dietas com 30% amilopectina/70% amilose melhorou a eficiência de utilização dos carboidratos, com maior ganho em peso, baixo acúmulo de gordura visceral e sem afetar a composição corporal.

A Tabela 3 apresenta as médias da composição corporal do pacu. Observa-se que as fontes de carboidratos não modificaram os teores de umidade e de matéria mineral ($P > 0,05$) dos peixes. Embora os maiores teores de proteína bruta tenham sido observados para as dietas com AC (17,03%) e APgM (17,06%) e a menores médias para dietas com FPgM (15,97%) e GL (15,89%), não há uma tendência clara para os efeitos das dietas na composição protéica da carcaça dos pacus. Para as médias de extrato etéreo e energia bruta nas carcaças dos peixes, foram observados efeitos similares das fontes de carboidratos. Os maiores teores de extrato etéreo e energia

bruta fora observados para dietas com FPgM (15,43% e 2368 cal/g, respectivamente) e os menores para dietas contendo GL (9,93% e 1872 cal/g, respectivamente).

Tabela 3– Valores de F e médias dos parâmetros de composição corporal dos juvenis de pacu (% da matéria seca original)

Causas de Variação	Valores de F				
	Umidade	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Matéria Mineral	Energia Bruta
	%	%	%	%	cal g ⁻¹
Efeito da Fonte	1,6 ^{NS}	2,8 ^{**}	4,0 [*]	0,1 ^{NS}	6,1 ^{**}
CV (%)	2,8	3,0	11,7	17,1	5,4
Média dietas^{1/}:					
AR ₄₀	67,25 ^{2/}	16,80 ab	11,22 bc	4,25	1952 bc
AC ₄₀	64,85	17,03 a	12,73 ab	4,49	2182 a
APgM ₄₀	65,37	17,06 a	12,76 ab	4,43	2147 ab
FPgM ₄₀	64,39	15,97 b	15,43 a	4,43	2368 a
DX ₄₀	64,95	16,83 ab	12,75 ab	4,39	2183 a
MD ₄₀	64,87	16,78 ab	13,12 ab	4,39	2194 a
GL ₄₀	67,81	15,89 b	9,93 c	4,78	1872 c

^{1/}Fontes: **AR**: amido de milho regular; **AC** - amido de milho ceroso; **APgM**: amido de milho pré-gelatinizado e modificado; **FPgM**: fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada; **DX**: dextrina; **MD**: maltodextrina; **GL**: dextrose (glicose).

^{2/}Médias seguidas de diferente letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan. Duncan *(P<0,05), **(P<0,01)

Segundo Steffens (1987), os peixes onívoros ou herbívoros de águas quentes toleram altos níveis de carboidratos na dieta, que são utilizados mais eficientemente como fonte de energia, ou quando em excesso, estocados na forma de lipídeos corporais. Da mesma maneira, os amidos cozidos ou gelatinizados são mais digeríveis e têm um melhor efeito sobre o ganho em peso quando comparados com amidos crus. Assim sendo, o maior acúmulo de extrato etéreo encontrado nas carcaças dos peixes que receberam dietas contendo FPgM pode ser decorrente da alta taxa de consumo observada (Tabela 2), que junto à liberação constante do carboidrato no organismo, pode ter aumentado a oferta de energia para manutenção e crescimento, sendo o excesso estocado em forma de gordura corporal.

Estudos realizados em robalo por Peres & Oliva-Teles (2002) não encontraram diferenças significativas na composição corporal de robalos alimentados com dietas contendo amido cru ou gelatinizado. No entanto, assim como ocorreu neste estudo com a utilização de FPgM, alguns autores têm observado incrementos no teor de lipídeos corporais com o incremento dos carboidratos digestíveis (Kaushik & Oliva-Teles 1985; Lanari et al. 1999), enquanto que outros têm encontrado efeitos contrários (Refstie & Austreng 1981; Hilton & Atkinson 1982).

A influência das fontes de carboidratos sobre as médias dos parâmetros de eficiência de retenção de nutrientes são apresentados na Tabela 4. Nos peixes, a importância dos carboidratos como fonte de energia é ainda controversa, especificamente tratando do efeito poupador de proteína. Enquanto alguns autores têm observado incrementos na utilização da proteína com o incremento dos carboidratos digestíveis (Kim & Kaushik 1992; Shiau & Peng 1993; Grisdale-Helland & Helland 1997), outros não tem encontrado efeito sobre a eficiência de utilização de proteína (Hemre et al. 1989; Shimeno et al. 1996; Lanari et al. 1999).

No presente estudo (Tabela 4) foi observado que quando os peixes foram alimentados com dietas contendo fécula de mandioca ou amido de milho pré-gelatinizados e modificados (FPgM, APgM), eles apresentaram significativamente melhores valores médios de eficiência de retenção de proteína bruta (50,44% e 47,88%, respectivamente) e de energia bruta (69,92% e 48,41%, respectivamente). Esses resultados indicam que as alterações ocasionadas pelos processos de modificação e gelatinização na estrutura original dos amidos de milho e mandioca disponibilizaram as suas moléculas para ação enzimática, melhorando sua digestão, com maior eficiência de utilização de energia e proteína.

Como foi observado nos parâmetros de desempenho (Tabela 2) e de composição corporal (Tabela 3), os peixes alimentados com dietas contendo glicose (GL) apresentaram os menores índices médios de retenção de proteína (13,40%) e de energia bruta (20,28%) (Tabela 4). Acredita-se que as menores médias observadas nesses parâmetros são decorrentes do baixo consumo observado, que pode ter disponibilizado menos quantidade de proteína e energia para crescimento; sendo

assim, os nutrientes ingeridos foram utilizados prioritariamente para manutenção das funções do metabolismo basal.

Tabela 4 - Valores de F e médias dos parâmetros de eficiência nutricional dos juvenis de pacu

Causas de Variação	Valores de F			
	Eficiência de retenção de proteína bruta	Eficiência de retenção de energia bruta	Proporção da proteína bruta no ganho em peso	Proporção do Extrato etéreo no ganho em peso
	%	%	%	%
Fonte	36,9**	18,4**	0,5 ^{NS}	2,0 ^{NS}
CV (%)	9,4	13,1	10,4	14,5
Média para dieta^{1/}:				
AR ₄₀	32,38 b ^{2/}	29,89 d	18,23	15,19
AC ₄₀	38,23 b	41,88 bc	18,58	17,65
APgM ₄₀	47,88 a	48,41 b	18,50	16,94
FPgM ₄₀	50,44 a	60,92 a	16,27	20,19
DX ₄₀	35,44 b	36,91 cd	17,96	17,15
MD ₄₀	38,38 b	42,58 bc	18,12	19,32
GL ₄₀	13,40 c	20,28 e	17,72	22,08

^{1/}**Fontes:** AR: amido de milho regular; AC - amido de milho ceroso; APgM: amido de milho pré-gelatinizado e modificado; FPgM: fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada DX: dextrina; MD: maltodextrina; GL: dextrose (glicose).

^{2/}Médias seguidas de diferente letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan. *(P<0,05), **(P<0,01).

Não foi encontrado efeito das fontes de carboidratos nas proporções de proteína bruta ou extrato etéreo no ganho em peso (P>0,05), mostrando que o ganho corporal de nutrientes em relação ao ganho em peso teve proporções semelhantes em todas as fontes estudadas.

Segundo Peres & Oliva-Teles (2002), o tratamento tecnológico do amido merece particular atenção. De maneira similar ao observado no presente estudo, que mostra o benefício no crescimento e eficiência nutricional de ingredientes pré-gelatinizados e modificados (FPgM e APgM), também tem sido demonstrado para outras espécies de teleósteos que a incorporação de amido gelatinizado tem vantagens nutricionais quando comparado com amido cru (Jeong et al. 1992; Takeuchi et al. 1992, Kaushik & Médale

1994) ou com fontes mais simples de sacarídeos (Shiau & Chuang 1995). Da mesma maneira, Hung & Storebakken (1994) acreditam que o consumo de diferentes fontes de carboidratos processados por vários métodos modificou a digestão e absorção dos carboidratos e a entrada dos monossacarídeos no plasma da truta arco-íris.

Segundo Spannhof and Plantikow (1983), a baixa digestibilidade do amido cru observada em truta foi atribuída à adsorção da α -amilase pelo amido de milho, assim reduzindo a atividade da enzima. Estes autores acreditaram também que o amido de milho acelerou a taxa de passagem dos fluidos ao longo do intestino e reduziu o tempo disponível para digestão. No presente estudo, o processamento dos carboidratos pode ter sido um fator que diminuiu a adsorção da amilase pelo amido, facilitando a ação da enzima, com posterior melhora da eficiência nutricional.

A partir dos resultados observados neste estudo pode-se concluir que a utilização de dietas contendo carboidratos complexos, como fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada (FPgM) e amido de milho pré-gelatinizado e modificado (APgM), pode melhorar o desempenho e eficiência nutricional de dietas para peixe onívoro pacu, quando comparada à utilização de dietas contendo carboidratos sem processamento (AR, AC), ou parcialmente hidrolisados (DX, MD), ou de baixo peso molecular (GL). Estudos posteriores sobre a utilização das fontes de carboidratos são recomendados para melhorar os resultados, avaliando-se diferentes proporções da sua inclusão, frequência alimentar, e ainda estudos econômicos que permitam recomendar a melhor estratégia de utilização destas fontes para a criação do pacu.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, programa PEC/PG (Brasil) pela concessão da bolsa de doutorado do primeiro autor e à empresa CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil) pelo fornecimento das fontes de carboidratos, pela realização das análises de açúcares e minerais e pelo auxílio financeiro concedido.

Referências

- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, 1298 p. Association of Official Analytical Chemists, 15th Edn, Arlington, VA, USA.
- Bergot, F. & Breque, J. (1983) Digestibility of starch by rainbow trout: Effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture*, **34**, 203-212.
- Bjorck, I., Granfeldt, Y., Liljeberg, H., Tovar, J., Asp, N.G. (1994) Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *American Journal of Clinical Nutrition*. **59** (supplement), 699S-705S.
- Castagnolli, N., Zuim, S.M.F. (1985) *Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu *Colossoma mitrei* (BERG, 1895)*. ed. Jaboticabal, São Paulo: FCAV/UNESP, 30 p.
- Deng, D.F., Refstie, S., Hung, S.S.O. (2001) Glycemic and glycosuric responses in white sturgeon *Acipenser transmontanus* after oral administration of simple and complex carbohydrates. *Aquaculture*, **199**, 107–117.
- Duncan, D.B. (1955) Multiple range and multiple “F” test. *Biometrics*, **11**, 1-42.
- Furuichi, M. & Yone, Y. (1982). Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. **48**, 945–948.
- Gallant, D.J., Bouchet, B., Buleon, A., Pérez, S. (1992) Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition*. **46** (supplement 2), S3-S16.
- García-Riera, M.P. & Hemre, G.-I. (1996) Effect of adaptation to three different levels of dietary carbohydrates on the incorporation of ¹⁴C-glucose in several organs of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture Research*, **27**, 565-571.
- Grisdale-Helland, B., Helland, S.J. (1997). Replacement of protein by fat and carbohydrate in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the end of the freshwater stage. *Aquaculture*, **152**, 167– 180.
- Hemre, G.-I. & Hansen, T. (1998) Utilisation of different dietary starch sources and tolerance to glucose loading in Atlantic salmon during parr - smolt transformation. *Aquaculture*, **161**, 145-157.
- Hemre, G.-I., Sandnes, K., Lie, Ø., Torrissen, O., Waagbø, R. (1995). Carbohydrate nutrition in Atlantic salmon *Salmo salar* L., growth and feed utilization. *Aquaculture Research*, **26**, 149– 154.
- Hemre, G.-I., Lie, Ø., Sundby, A. (1993). Dietary carbohydrate utilization in cod (*Gadus morhua*): metabolic response to feeding and fasting. *Fish Physiology and Biochemistry*, **6**, 455–463.
- Hemre, G.-I., Lie, Ø., Lied, E., Lambertsen, G. (1989) Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): digestibility and retention. *Aquaculture*, **80**, 261– 270.

- Herold, M.A., Hung, S.S.O., Fynn-Aikins, K. (1995). Apparent digestibility coefficients of carbohydrates for white sturgeon. *The Progressive Fish Culturist*, **57**, 137–140.
- Hilton, J.W., Plisetskaya, E.M. & Leatherland, J.F. (1987) Does oral 3,5,3'-triiodo-L-thyronine affect dietary glucose utilisation and plasma insulin levels in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)? *Fish Physiology and Biochemistry*, **4**, 113-120.
- Hilton, J.W., Atkinson, J.L. (1982). Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increase levels of available carbohydrates in practical trout diets. *British Journal of Nutrition*, **47**, 597– 607.
- Hung, S.S.O., Storrebakken, T. (1994) Carbohydrate utilization by rainbow trout is affected by feeding strategy. *Journal Nutrition*, **124**, 223-230.
- Hung, S.S.O. (1991) Carbohydrate utilization by white sturgeon as assessed by oral administration tests. *Journal Nutrition*, **121**, 1600-1605.
- Hung, S.S., Fynn-Aikins, F.K., Lutes P.B., Xu, R.P. (1989) Ability of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to utilize different carbohydrate sources. *Journal of Nutrition*, **119**, 727-733.
- Jeong, K.S., Takeuchi, T., Okamoto, N., Watanabe, T. (1992) The effects of dietary gelatinized ratios at different dietary energy on growth and characteristic of blood in rainbow trout fingerlings. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 937–944.
- Kaushik, S.J., Médale, F. (1994) Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*, **124**, 81-97.
- Kaushik, S.J. & Oliva-Teles, A. (1985) Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, **50**, 89– 101.
- Kim, J.D., Kaushik, S.J. (1992). Contribution of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **106**, 161– 169.
- Lanari, D., Poli, B.M., Ballestrazzi, R., Lupi, P., D'Agaro, E., Mecatti, M. (1999) The effect of dietary fat and NFE level on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Growth rate, body composition and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture* **179**, 351– 364.
- Lee, S. & Lee, J. (2004) Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Fisheries Science*, **70**, 53-58.
- Lee, S., Kim, K. & Lall, S.P. (2003) Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, **221**, 427-438.
- Lin, J.H., Cui, Y., Hung, S.S.O., Shiau, S.Y. (1997). Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon *Acipenser transmontanus* and hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture*, **148**, 201–211.

- Littell, R. et al. (1996) SAS System for mixed models, SAS Institute Inc, Cary, 633p.
- Lochmann, R., Rawles, S., Gaylord, G. (2005) Body indices, blood lipid class composition and proximate analysis of sunshine bass fed diets with different amylase to amylopectin ratios. In: AQUACULTURE AMERICA 2005, 2005, New Orleans. Proceedings... Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2005. p. 246.
- Muñoz-Ramírez, A.P. & Carneiro, D.J. (2002) Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível protéico para o crescimento inicial de alevinos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum*, **24**, 909-916.
- Peragón, J., Barroso, J.B., García-Salguero, L., Higuera, M., Lupiáñez, J.A. (1999) Carbohydrates affect protein turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **179**, 425–437.
- Péres, H., Oliva-Teles, A. (2002) Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, **205**, 287–299.
- Pieper, A. & Pfeffer, E. (1980) Studies on the effect of increasing proportions of sucrose or gelatinized maize starch in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) on the utilization of dietary energy and protein. *Aquaculture*, **20**, 333–342.
- Rawles, S. & Lochmann, R. (2003) Effects of amylopectin/amylase starch ratio on growth, body composition and glycemic response of sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. *Journal of the World Aquaculture Society*. **34**, 278-288.
- Refstie, T., Austreng, E. (1981) Carbohydrate in rainbow trout diets. III. Growth and chemical composition of fish from different families fed four levels of carbohydrate in the diet. *Aquaculture*, **25**, 35–49.
- Rust, B.M. (2002) Nutritional Physiology. In: Halver, J.E. & Hardy, R. W. (eds.) *Fish Nutrition* (3d edn). pp.367-452. Academic Press, Amsterdam, Holanda.
- Shiau, S.Y., Lin, Y.H. (2002) Utilization of glucose and starch by the gouper *Epinephelus malabaricus* at 23 °C. *Fisheries Science*, **68**, 991-995.
- Shiau, S.Y., Chuang, J.C. (1995) Utilization of disaccharides by juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, **133**, 249-256.
- Shiau, S.-Y., Peng, C.-Y. (1993). Protein-sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture*, **117**, 327–334.
- Shimeno, S., Hosokawa, H., Takeda, M. (1996). Metabolic response of juvenile yellowtail to dietary carbohydrate to lipid ratios. *Fish. Sci.* **62**, 945– 949.
- Silva, A.J. (1985) *Aspectos da alimentação do pacu adulto, Colossoma mitrei* (BERG, 1985) (PISCES, CHARACIDAE), no pantanal de Mato Grosso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Spanhof, L., Plantikow, H. (1983) Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture*, **30**, 95-108.

- Steffens, W. (1987) *Principios fundamentales de la alimentación de los peces*. Zaragoza: Acribia, 1987. 275 p.
- Tacon, A.G.J. (1988) *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – A training manual 1 – The essential nutrients*. FAO – GCP/RLA/075/ITA. Brasília, D.F., 117 p.
- Takeuchi, T., Arakawa, T., Shiina, Y., Satoh, S., Imaizumi, K., Sekiya, S., Watanabe, T. (1992). Effect of dietary α and β -starch on growth of juvenile striped jack and yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 701–705.
- Tian, L.-X., Liu, Y.-J., Hung, S.S.O. (2004) Utilization of glucose and cornstarch by juvenile grass carp. *North American Journal of Aquaculture*, **66**, 141-145.
- Toledo, M.P. (2004) *Processamentos de dietas práticas com diferentes fontes de energia para o crescimento e a digestibilidade da tilápia do Nilo*. Thesis (PhD) - Centro de Aqüicultura - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Jaboticabal, 33 p.
- Wilson, R.P. (1994) Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, **124**, 67–80.
- Wilson, R.P., POE, W.E. (1987) Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono- and disaccharides as energy sources. *Journal of Nutrition*, **117**, 280-285.

CAPÍTULO IV¹⁶

ASPECTOS METABOLICOS E ATIVIDADE AMILÁSICA DE PACU *Piaractus mesopotamicus* ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE CARBOIDRATOS

^{16/} Apresentado conforme as normas para publicação do *Aquaculture Nutrition* (Anexo 3)

Aspectos metabólicos e atividade amilásica de pacu *Piaractus mesopotamicus* alimentados com diferentes fontes de carboidratos

Título resumido: Metabolismo de carboidratos para *Piaractus mesopotamicus*

Adriana Patricia Muñoz-Ramírez^{1/*}, Dalton José Carneiro^{1/},
Licia Maria Lunsted^{2/}, Gilberto Morais^{2/}

^{1/} Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - Centro de Aqüicultura da UNESP. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane S/N. CEP: 14884-900 Jaboticabal, SP, Brasil. Phone 55-16-32032110, Fax 55-16-32032268. adrimu@iq.com.br

^{2/} Departamento de Genética e Evolução – Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, km 235 CEP: 13565-905 CP 676. São Carlos, SP, Brazil.

* Autor para correspondência

Palavras-chave: amido, amilase, carboidrato, glicose, metabolismo, *Piaractus mesopotamicus*

Resumo

A utilização das várias formas de carboidratos a alimentação de peixes pode ser melhor entendida pela avaliação dos processos metabólicos e enzimáticos da digestão. Foram estudados o metabolismo intermediário e a atividade amilásica de juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* alimentados com sete dietas isoprotéicas, com uma composição básica de ingredientes, contendo cada uma 40% de fontes distintas de carboidratos purificados: amido de milho regular, amido de milho ceroso, amido de milho pré-gelatinizado, fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada, dextrina, maltodextrina e dextrose (glicose). O ensaio foi conduzido durante 60 dias, utilizando-se 126 peixes de $49,1 \pm 8,3$ g de peso inicial. Foram avaliados os índices hepatossomático e viscerossomático, e intermediários metabólicos. Os ensaios de amilase foram realizados no estômago, cecos pilóricos, intestino anterior e intestino posterior. No geral, as fontes de carboidratos pré-gelatinizadas e modificadas de carboidratos se mostraram adequadas à alimentação do pacu. Os peixes que consumiram dietas contendo fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada apresentaram significativamente os melhores valores médios de ganho em peso ($1,31 \text{ g dia}^{-1}$), enquanto os peixes que receberam as dietas contendo glicose mostraram ganho em peso ($0,10 \text{ g dia}^{-1}$) e consumo diário ($0,48 \text{ g dia}^{-1}$) significativamente mais baixos. A complexidade das fontes de carboidratos gerou mudanças no perfil metabólico dos juvenis de pacu encontrando baixo aproveitamento de fontes parcialmente hidrolisadas, como a dextrina, e de açúcares simples como a glicose, com mobilização de metabólitos para incorporá-los em processos de gliconeogênese. O melhor desempenho foi obtido com as dietas contendo fécula pré-gelatinizada e modificada, mas foi observado alto índice hepatossomático, aumento dos lipídeos corporais e elevada concentração de triglicéridos plasmáticos. O consumo de glicose gerou os maiores valores de colesterol plasmático ($291,1 \text{ mg/dL}$) e valores intermediários de triglicérides ($259,9 \text{ mg/dL}$). Foi observada interação entre fontes de carboidratos e região do trato gastrintestinal. Os valores de atividade amilásica foram maiores nos cecos pilóricos, intermediários nos intestinos (anterior e posterior) e menores no estômago.

Intermediary and enzymatic metabolism of juveniles pacu *Piaractus mesopotamicus* fed diets containing different sources of digestible carbohydrates

Summarized title: Carbohydrates metabolism for *Piaractus mesopotamicus*

Key words: amylase, glucose, carbohydrates, metabolism, *Piaractus mesopotamicus*, starch

Abstract

The utilization of various forms of carbohydrates in fish can be better understood by evaluating the metabolic and enzymatic processes of digestion, which occur in distinct fish species. Intermediary metabolism and amylase activity were studied in pacu *Piaractus mesopotamicus* juveniles fed seven isoproteic diets with basic composition of ingredients, each containing 40% of one of the following purified carbohydrate sources: regular corn starch, waxy corn starch, pregelatinized and modified regular corn starch, modified and pregelatinized cassava starch, dextrin, malt dextrin, and dextrose (glucose). The growth trial of juveniles pacu was conducted for 60 days, with 126 fishes of 49.1 ± 8.3 g initial weight. Hepatosomatic and visceralsomatic indexes and metabolic mediators were evaluated. Amylase activity was determined in the stomach, pyloric ceca, and anterior and posterior intestine. In general, the pregelatinized and modified carbohydrate sources shown to be good carbohydrate sources for pacu feeding. The complexity of the used carbohydrate sources caused changes in the metabolic profile of the juveniles pacu. Best fish general performance was achieved with pregelatinized and modified cassava starch and pregelatinized and modified corn starch, exhibiting benefic effect of carbohydrate gelatinization on pacu's growth. However cassava diet produced the fattest fish with high hepatosomatic index and higher plasmatic triglycerides. The glucose intake generated the highest plasmatic cholesterol level (291.1 mg/dL) and intermediary values of triglycerides (259.9 mg/dL). Interaction among the carbohydrate sources and gastrointestinal area was observed. The highest values of amylase activity were found in the pyloric ceca. The stomach exhibited the lowest activity, and the intestine (anterior and posterior) presented intermediary values of activity.

Introdução

A produção na aquicultura tem aumentado substancialmente gerando um conseqüente aumento da demanda de fontes de proteína de origem animal e vegetal, modificações nas formulações e processamento das dietas e necessidade de investigações sobre o efeito de fontes alternativas que possam poupar a utilização da proteína como fonte imediata de energia para crescimento.

O processamento dos ingredientes é um dos fatores que influenciam a disponibilidade de nutrientes e na utilização das dietas, interferindo na estabilidade, dureza, plasticidade e orientação das estruturas em função principalmente do calor e da umidade. Alguns processos térmicos ou enzimáticos tornam as partículas aglomeradas, compactadas, acomodadas e orientadas, permitindo a obtenção de novas estruturas (Gutierrez 1988). Nos alimentos que sofrem estes processos, pode haver maior disponibilidade de determinados nutrientes e ocorrer grande parte da gelatinização do amido para a expansão e aglutinamento dos ingredientes do alimento (Hepher 1988). As características dos ingredientes e sua posterior transformação no processamento das dietas podem gerar aproveitamento variado nos peixes, evidenciando a necessidade de avaliar-se o efeito destes alimentos modificados no crescimento, metabolismo energético e atividade das enzimas digestivas.

Os carboidratos constituem um dos três principais componentes das dietas de peixes e são utilizados como fontes de energia para o crescimento do animal, mas as funções biológicas e metabolização deste nutriente em peixes ainda não são totalmente conhecidas (Peragón et al. 1999). Diversos autores têm relatado as mudanças metabólicas e enzimáticas que ocorrem no organismo dos peixes, provocadas pelo consumo de fontes de carboidratos com diversos graus de complexidade (Bergot e Breque 1983; Hung 1991; Hemre e Hansen, 1998; Lee et al. 2003; Hung et al. 1989; Lee e Lee, 2004), mas são escassas as informações sobre a utilização dessas fontes em peixes tropicais de hábito onívoro como o pacu.

Os amidos dos grãos e plantas são os principais carboidratos digestíveis encontrados nas rações comerciais para peixes (Rawles & Lochmann 2003). A maior

parte dos amidos é composta por 70-80% de amilopectina e 20-30% de amilose (Gallant et al. 1992), mas existem outras classes de amidos com proporções amilopectina/amilose alteradas por processos químicos e físicos ou pelo cultivo de variedades mutantes de grãos (ex. amido ceroso ou “waxy”). Segundo Melo et al. (1998), a amilose é uma cadeia reta e longa de unidades de glicose, que podem estar enroladas em forma helicoidal aumentando assim sua resistência à ação da amilase. A amilopectina tem uma estrutura ramificada com numerosas unidades de glicoses. Esta estrutura é muito resistente à ação enzimática pela presença da ligação glicosídica do tipo α -1,6. Apenas organismos que possuem a enzima desramificante são capazes de realizar a hidrólise total da amilopectina. Sua hidrólise total pode ser conseguida por aquecimento em meio ácido. Segundo Granfeldt et al. (1994), as diferenças estruturais do amido podem estar associadas aos diferentes padrões de digestão, níveis de glicose pós-prandial e regulação de lipídeos, como no caso da amilopectina que é mais rapidamente hidrolisada que a amilose.

Casos de hipertrofia, acumulação de gordura e descoloração hepática têm sido encontrados em cultivos intensivos de tilápia em Brasil, os quais utilizam alimentos processados, submetidos a altas temperaturas e pressão na sua fabricação. Segundo Toledo (2004), uma primeira hipótese para este fato é um possível desbalanceamento das rações comerciais quando formuladas sem ter em conta o hábito alimentar específico das diferentes espécies de peixes. Uma segunda hipótese apresentada pelo autor é que os produtos submetidos a estas altas temperaturas e pressão, como são os alimentos extrusados, podem estar disponibilizando mais energia dos ingredientes e provocando um desequilíbrio nas relações entre os nutrientes, considerando que as formulações estão baseadas, na sua grande maioria, na composição e digestibilidade dos ingredientes em sua forma natural, sem considerar o cozimento e as interações entre os ingredientes durante o processamento.

Segundo Wilson (1994), os carboidratos da dieta são os nutrientes que são mais lentamente digeridos, o que pode gerar respostas glicêmicas mais estáveis e melhor crescimento. No entanto, Rawles & Lochmann (2003) advertem que uma melhoria na qualidade do ganho em peso (incremento da massa corporal e diminuição da gordura

visceral) é difícil em peixes alimentados com grandes quantidades de carboidratos na dieta. Segundo Bjorck et al. (1994), em alguns estudos com mamíferos, os pesquisadores tem conseguido identificar os modelos metabólicos de carboidratos e lipídeos que representam um melhor crescimento, mediante a manipulação da relação amilopectina/amilose dos carboidratos da dieta. Alguns autores têm observado incrementos no teor de lipídeos corporais com o incremento dos carboidratos digestíveis (Kaushik & Oliva-Teles 1985; Lanari et al. 1999), enquanto que outros têm encontrado efeitos contrários (Refstie & Austreng 1981; Hilton & Atkinson 1982).

Altos níveis de carboidratos resultaram em incremento do tamanho do fígado e conteúdo de glicogênio hepático em truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Bergot 1979a; Pieper & Pfeffer, 1979) e solha *Pleuronectes platessa* (Cowey et al. 1975). Estudando diferentes combinações de carboidratos para alimentação do salmão do Atlântico *Salmo salar*, Hemre et al. (2002) observaram concentrações de glicogênio muscular relativamente baixas quando comparadas com concentrações hepáticas. No entanto, os autores destacaram que pelo fato do músculo representar 64% do peso corporal do peixe, grande parte do glicogênio corporal é mantido neste tecido, compensando as baixas concentrações encontradas.

Para avaliar a digestibilidade de novos alimentos com maior precisão, Glass et al. (1989) recomendaram o conhecimento exato da quantidade e especificidade de cada enzima presente no sistema digestório e as condições em que ocorre a hidrólise. Tem sido demonstrada a estreita relação entre o perfil enzimático do trato digestório dos peixes e a utilização dos nutrientes da dieta. Segundo Shiau & Chuang (1995), os peixes onívoros são relativamente eficientes na utilização dos carboidratos da dieta e produzem as enzimas digestivas associadas à degradação e metabolismo de pós-absorção dos açúcares. Estudos realizados em juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Moraes & Bidinotto 2000), tambaqui *Colossoma macropomum* (Correa 2002) e no híbrido tambacú (*Colossoma macropomum* X *P. mesopotamicus*; Correa et al., 1998) verificaram a indução da atividade da amilase nas diferentes regiões do trato digestório dos peixes com a utilização de diferentes níveis de carboidratos na ração.

O pacu é considerado uma das espécies com maior potencial para a piscicultura brasileira, pelas suas características zootécnicas e hábito onívoro. Estudos anteriores avaliaram aspectos da biologia e alimentação do pacu em ambiente natural (Silva 1985), enquanto outras pesquisas, visaram a avaliação das exigências nutricionais desta espécie (Carneiro et al., 1984; Borghetti et al., 1991; Carneiro et al., 1992; Stech 1999; Fernandes et al., 2000; Muñoz-Ramírez & Carneiro, 2003). A composição relativamente alta em carboidratos dos itens alimentares consumidos pelo pacu na natureza torna este peixe um modelo apropriado para pesquisar o efeito de diversas fontes de carboidratos têm sobre as mudanças no metabolismo energético e perfil de enzimas digestivas.

Tendo em conta o hábito onívoro do pacu e através do estudo de intermediários metabólicos plasmáticos, hepáticos e musculares, bem como da atividade amilásica no trato gastrintestinal, foi avaliada a habilidade da espécie para utilizar sete fontes de carboidratos com diferentes graus de complexidade.

Material e métodos

Condições e dietas experimentais

Foram utilizados 126 juvenis de pacu com peso médio de $49,1 \pm 8,3$ g. Os peixes passaram inicialmente por um período de adaptação de 30 dias às condições experimentais do laboratório e foram mantidos em caixa de 1000 L. Durante este período foi oferecida uma ração comercial extrusada¹⁷ contendo 28 % proteína bruta. Posteriormente, os peixes foram estocados em 21 caixas de cimento-amianto com capacidade de 120 L, numa densidade de seis indivíduos/caixa. A água utilizada era proveniente de poço artesiano e o sistema de aeração manteve-se constante através de compressor radial, obtendo-se valores médios de temperatura de $27,1 \pm 0,8$ °C, pH de $7,8 \pm 0,3$ e oxigênio dissolvido de $5,7 \pm 0,4$ mg L⁻¹. O fluxo de água foi contínuo, com troca total de aproximadamente 20 vezes ao dia.

¹⁷ Poli-nutri Alimentos, Brasil.

As fórmulas e a composição proximal das dietas experimentais são apresentadas na Tabela 1. Sete dietas semipurificadas foram formuladas para conter aproximadamente 29% de PB e 4077 cal g⁻¹ de EB. Nelas foi utilizada uma composição básica de ingredientes, além de 40%¹⁸ de cada uma das sete diferentes fontes purificadas de carboidratos¹⁹: *A – Polissacarídeos*²⁰: **AR**: Amido de milho regular; **AC**: Amido de milho ceroso; *B - Polissacarídeos modificados*: **APgM**: Amido de milho pré-gelatinizado e modificado; **FPgM**: Fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada; *C - Polissacarídeos parcialmente hidrolizados*: **DX**: Dextrina; **MD**: Maltodextrina²¹; *D - Monossacarídeo*: **GL**: Dextrose monohidratada (glicose)²².

Os ingredientes foram misturados manualmente e acrescidos de água fria em quantidade suficiente para obter uma massa de consistência apropriada para ser peletizada em moinho elétrico, evitando assim, modificação nas características dos ingredientes pela pouca variação na temperatura de processamento. As dietas foram secas a 55 °C durante 48 h, posteriormente acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em congelador até sua utilização. O arrazoamento foi realizado até a saciedade, durante 60 dias, duas vezes ao dia, às 9:00 e 17:00 h, evitando-se sobras, de forma que a quantidade oferecida pudesse ser considerada como consumida.

¹⁸ Mesmo nível utilizado por Muñoz-Ramírez et al. (2005) Digestibilidade aparente de nutrientes e energia de dietas contendo diferentes fontes e níveis de carboidratos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*).- Publicação em preparação (Capítulo II).

¹⁹ CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil)

²⁰ Amido regular (30% amilose /70 % amilopectina); Amido “waxy” (99% amilopectina)

²¹ Maltodextrina: 18,4 DE = Dextrose Equivalente

²² Glicose: 99 DE = Dextrose Equivalente

Tabela 1. Fórmula e composição proximal das dietas experimentais

Ingredientes (g kg ⁻¹ dieta, mat. Seca orig.)	AR₄₀	AC₄₀	APgM₄₀	FPgM₄₀	DX₄₀	MD₄₀	GL₄₀
Farinha de peixe (48,7% PB) ^{a/}	532	532	532	532	532	532	532
Amido de milho regular ^{b/}	400	-	-	-	-	-	-
Amido de milho ceroso ^{b/}	-	400	-	-	-	-	-
Amido milho pregel.e modif. ^{b/}	-	-	400	-	-	-	-
Fécula mandioca preg.modif. ^{b/}	-	-	-	400	-	-	-
Dextrina ^{b/}	-	-	-	-	400	-	-
Maltodextrina ^{b/}	-	-	-	-	-	400	-
Dextrose (glicose) ^{b/}	-	-	-	-	-	-	400
Óleo de soja ^{e/}	36	36	36	36	36	36	36
CMC ^{f/}	10	10	10	10	10	10	10
Celulose microfina ^{e/}	12	12	12	12	12	12	12
Suplemento vitam. e mineral ^{i/}	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Vitamina C ^{g/}	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
Composição analisada							
(g kg ⁻¹ dieta, 100% mat.seca):							
Proteína bruta	291	293	284	283	286	286	299
Extrato etéreo ^{b/}	70	70	70	70	70	70	70
Matéria mineral	194	190	187	177	177	186	192
Fibra bruta	37	35	34	36	33	37	40
Extrato não nitrogenado ^{i/}	408	412	425	434	434	421	399
Lisina ^{i/}	21	20	20	21	21	20	21
Metionina ^{i/}	8	7	7	8	8	7	8
Cálcio	61	68	60	64	58	59	61
Fósforo total	30	32	29	31	28	28	29
Total (mono + oligossac.)	1,24	2,50	2,80	2,38	6,22	77,44	383,78
Dextrose	0,04	0,05	0,05	0,16	0,08	3,01	383,78
Frutose	0,02	0,01	0,03	0,05	0,09	0,10	nd
Lactose	nd ^{k/}	nd	nd	nd	0,12	nd	nd
Sacarose	0,06	0,05	0,06	0,03	0,07	0,08	nd
Maltose	0,49	0,93	1,22	0,63	0,84	19,89	nd
Maltotriose	0,27	0,59	0,73	0,33	1,04	14,37	nd
Outros oligossacarídeos	0,37	0,89	0,72	1,18	3,99	40,00	nd
Energia bruta (cal g ⁻¹)	4076	4012	4008	4101	4119	4077	4148

^{a/}Comércio e Indústria de Pescado TRIDA PALLE (Itajaí, Brasil).

^{b/}CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil): Amido de milho regular *Amisol*[®] 3408 - **AR**; Amido de milho ceroso *Amisol*[®] 4000 - **AC**; Amido de milho pré-gelatinizado e modificado *RD 337* - **APgM**; Fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada *RD 323* - **FPgM**; Dextrina *Amidex*[®] 182 - **DX**; Maltodextrina *Mor Rex*[®] 1920 - **MD**; Dextrose monohid. (glicose) *Cerelose*[®] 020020 - **GL**.

^{c/}Produtos alimentícios Orlandia S/A Com. Ind. (Orlandia, Brasil)

^{d/}Carboximetil celulose sódica U.S.P.[®] LABSYNTH Produtos para laboratório Ltda (Diadema, Brasil)

^{e/}RHOSTER Indústria e Comércio Ltda (Vargem Grande Paulista, Brasil)

^{f/}Mesmo que em Muñoz-Ramírez & Carneiro (2002)

^{g/}Fonte de vitamina C: 35% de L-ácido ascórbico monofosfato – Hoffman La Roche (Basel, Suíça)

^{h/}Valores calculados

^{i/}Calculado por diferença: 100 – (proteína bruta + extrato etéreo + matéria mineral + fibra bruta)

^{j/}Calculado

^{k/}nd = não detectado

Composição química centesimal

Amostras dos ingredientes, dietas-teste e carcaças dos peixes no início e final do experimento foram analisadas quanto a sua composição bromatológica, conforme metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C., 1990). A determinação da energia bruta foi realizada através da queima das amostras em bomba calorimétrica Parr 1281. Os teores de umidade foram determinados submetendo-se as amostras à secagem em estufa a 105^oC por 16 horas. Os teores de proteína bruta foram calculados pelo conteúdo de nitrogênio total, determinado pelo método de Kjeldahl e multiplicados pelo fator 6,25. Os níveis de extrato etéreo foram determinados utilizando-se o aparelho de extração Soxhlet, tendo como solvente éter de petróleo (p.e. 30 – 60 ^oC), com refluxo contínuo através da amostra, durante 5 horas. A concentração de matéria mineral foi determinada carbonizando-se as amostras em mufla a 600 ^oC por 3 horas. O conteúdo de fibra bruta dos ingredientes e dietas foi obtido a partir das amostras desengorduradas pela digestão com soluções de hidróxido de sódio e ácido sulfúrico (1,25%), com posterior filtragem e incineração em mufla. O teor de extrativo não nitrogenado foi obtido subtraindo da matéria seca o total de nutrientes analisados. As análises de cálcio e fósforo total foram realizadas segundo metodologia utilizada no Laboratório Técnico da CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil), em espectrometria de emissão ótica com plasma induzido (IPC-OES “Inductivity coupled plasma optical emission spectrometer”). O teor de monossacarídeos e oligossacarídeos das rações foi obtido utilizando um cromatógrafo tipo IC, marca Dionex com detector ED50 e bomba de gradiente GS50, com uma coluna Carbopac PA100 2mmx 250mm. As análises de matéria seca e mineral, fibra e energia bruta foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da FCAV da UNESP, Campus de Jaboticabal–SP, Brasil. Demais análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do CAUNESP, Campus de Jaboticabal–SP.

Coleta do material biológico

O desempenho produtivo dos alevinos de pacu em cada parcela experimental foi estimado através do ganho em peso diário (GP) = peso final - peso inicial / tempo, e do consumo diário (CDA) = consumo de alimento / tempo.

Ao final do período experimental, os peixes iniciaram um jejum de 24 horas para coleta do material biológico. Nove peixes de cada tratamento (três de cada parcela) foram anestesiados em solução de benzocaína (0,07 g L⁻¹ água) e amostrados imediatamente para coleta de sangue, com seringa heparinizada, por punção da veia caudal. Duas alíquotas de sangue foram retiradas, uma para obtenção de soro (sangue em repouso por 2 horas a temperatura ambiente) e outra para separação de plasma por centrifugação a 4°C a 3000 g / 10 min. Posteriormente, os peixes foram pesados, medidos e sacrificados por secção medular para retirada do fígado e músculo branco, sendo os tecidos imediatamente congelados em nitrogênio líquido e mantidos a -80 °C, para a determinação de intermediários metabólicos. O trato digestório foi dissecado, pesado e dividido em estômago, cecos pilóricos, intestino anterior e posterior, que foram congelados a -20 °C para os ensaios de atividade amilásica.

Determinação dos índices corporais

A partir da relação entre o peso do fígado ou das vísceras em relação ao peso vivo do peixe, foram calculados os índices hepato-somático (IHS) e víscero-somático (IVS).

Estudo de atividade enzimática

- *Preparação dos homogeneizados celulares (extrato enzimático):*

Amostras do estômago, cecos pilóricos, intestino anterior e posterior foram coletadas sobre superfície gelada e pesadas em quantidades apropriadas para as determinações enzimáticas. No preparo dos tecidos para ensaio da atividade amilásica

foi mantida a proporção de 50 mg de tecido mL⁻¹ de tampão de homogeneização (0,02 M Tris/fosfato de sódio 0,01 M, pH 7,0 em glicerol v/v). Os tecidos foram homogeneizados com pistilo de Teflon em homogeneizador mecânico tipo Potter-Elvehjem a 1.000 rpm m⁻¹, em dois tempos de 30 s, sob banho de gelo. Após a homogeneização, os extratos foram centrifugados a 11.000 x g em centrífuga clínica refrigerada por 3 min e os sobrenadantes foram utilizados como fonte enzimática.

- *Determinação da atividade amilásica*

A atividade amilásica nas diferentes porções do trato gastrointestinal foi estimada segundo o método proposto por Bernfeld (1955) modificado. Na mistura de reação contendo 1,0 mL de solução de amido 5% em tampão Citrato/Fosfato 0,2 M (pH 7,0) e 0,5 mL de solução de NaCl 0,5% como cofator enzimático, foi adicionado um volume adequado de homogeneizado celular. A reação foi incubada a 25 °C por 30 min e interrompida com 1,0 mL de solução 5% ZnSO₄ : Ba(OH)₂ 0,3 N. Um controle livre de substrato e outro livre de homogeneizado celular foram analisados simultaneamente. Posteriormente, a mistura de reação foi centrifugada a 14.000 g / 3 min e no sobrenadante determinou-se a concentração de glicose livre pelo método colorimétrico de Park & Johnson (1949) a 690 nm. Para estabelecer a atividade enzimática específica, a concentração de proteínas dos extratos enzimáticos foi determinada pelo método de Lowry et al. (1951), utilizando-se albumina bovina como padrão. A atividade específica foi expressa como μmol de açúcares redutores totais min⁻¹ mg⁻¹ de proteína ou U mg⁻¹ de proteína.

Determinação dos intermediários metabólicos

- Preparação dos extratos celulares neutros:

Os tecidos (fígado e músculo branco) foram coletados sobre superfície gelada e pesados, mantendo-se a proporção de 100 mg de tecido hepático ou 200 mg de tecido

muscular branco/mL de água destilada. As amostras foram homogeneizadas com pistilo de Teflon em homogeneizador mecânico tipo Potter-Elvehjem a 1.000 rpm m^{-1} , em dois tempos de 30 s, sob banho de gelo. Os homogenizados foram centrifugados a $14.400 \times g$ por 3 min e os sobrenadantes foram utilizados nos ensaios para determinação de aminoácidos livres e ácidos graxos livres.

- Glicose

Amostras de plasma foram utilizadas para determinar a concentração de glicose seguindo metodologia enzimática (glicose-oxidase) com a reação de Trinder descrita por Blaedel & Uhl (1975) e Trinder (1969). Para a quantificação foi utilizado o kit Glicose PAP Liquiform[®] Labtest Diagnóstica e leitura em espectrofotômetro a 505 nm.

- Colesterol

A determinação do colesterol sérico foi realizada seguindo metodologia enzimática (colesterol oxidase) com reação de Trinder descrita por Allain et al. (1974) e Trinder (1969). A determinação quantitativa do colesterol foi realizada utilizando o kit Colesterol Liquiform[®] Labtest Diagnóstica, em amostras de soro com reação de ponto final e leitura em espectrofotômetro a 500 nm.

- Triglicerídeos

A concentração de triglicerídeos séricos foi determinada a partir de metodologia enzimática (glicerol fosfato oxidase) com reação de Trinder descrita por Bucolo & David (1973) e Trinder (1969). A quantificação dos triglicerídeos foi feita por meio do kit Triglicérides GPO-ANA[®] Labtest Diagnóstica, em amostras de soro com reação de ponto final e leitura em espectrofotômetro a 540 nm.

- Ácidos graxos livres

A determinação das concentrações de ácidos graxos livres (AGL) foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Norvák (1965). Adicionou-se 1,0 mL de solução Dole (heptana, álcool isopropílico e ácido sulfúrico na proporção de 1:4:0,1) na amostra constituída de alíquotas de plasma, fígado ou músculo branco, seguida de agitação por 2 min. Posteriormente, adicionou-se 1,0 mL de heptana e 1,0 mL de água, agitando-se novamente por inversão. Uma amostra equivalente a 600 µL da fase superior foi retirada e adicionada a uma mistura de clorofórmio e heptana (5:1 v/v) e 1,0 mL de reagente de cobalto. O reagente de cobalto consistia de 1,32 vol. de trietanolamina + 10 vol. de solução A + 7 vol. de solução B. A solução A era formada por uma solução saturada de K₂SO₄, 6 g de Co(NO₃)₂·6H₂O, mais 0,8 mL de ácido acético glacial em água fervente. A solução B foi uma solução de Na₂SO₄ saturada em água fervente. Na seqüência, as amostras foram fortemente agitadas por 30 s e centrifugadas por 2 min a 2.000 x g. Desta mistura, retirou-se uma alíquota de 600 µL a qual adicionaram-se 600 µL de solução indicadora, constituída de 0,4% de α-nitroso β-naftal em etanol, diluída 12,5 vezes. A leitura óptica foi realizada em 500 nm e a concentração estimada contra um padrão de ácido palmítico 4 mM e expressa em µmol g⁻¹ de tecido ou mL de plasma.

- Proteína total

As determinações da proteína total sérica foram realizadas segundo metodologia de biureto descrita por Weichselbaum (1946) utilizando-se o kit Proteínas totais[®] Labtest Diagnóstica, em amostras de soro com reação de ponto final e leitura em espectrofotômetro de 545 nm.

- Aminoácidos livres

O teor de aminoácidos livres (AAL) foi estimado nos extratos neutros segundo o método de Copley (1941). Um volume adequado de plasma ou extrato hepático ou muscular era adicionado a 1,0 mL de solução de ninhidrina 0,1% em propanol. Os tubos de reação eram mantidos em banho-maria a 40 °C por 40 min e posteriormente resfriados em banho de gelo. A leitura óptica era realizada em 570 nm e a concentração de aminoácidos livres, estimada contra um padrão de ácido α -amino-acético contendo 100 nmol, expressa em $\mu\text{mol g}^{-1}$ de tecido ou em $\mu\text{mol mL}^{-1}$ de plasma.

- Glicogênio

As determinações de glicogênio foram realizadas como descrito por Bidinotto et al. (1997). Amostras de fígado e músculo branco de cada exemplar foram transferidas para um tubo de ensaio na proporção de 50 ou 200 mg mL^{-1} KOH 6,0N, respectivamente, e incubadas por 3 min a 100 °C em banho-maria. Após a dissolução alcalina dos tecidos, 200 μL desses extratos foram transferidos para tubos rigorosamente limpos e adicionados 3 mL de etanol e 100 μL de K_2SO_4 10%, seguido de agitação. As amostras foram centrifugadas a 3.000 x g por 3 min. Cada tubo de reação teve seu sobrenadante descartado por inversão e o precipitado, ressuspenso em 2,5 mL de água destilada. Um volume adequado desta dissolução foi analisado quanto ao seu teor de açúcares redutores totais pelo método hidrolítico em ácido sulfúrico concentrado proposto por Dubois et al. (1956). O procedimento consistia no emprego de um volume adequado da dissolução, adicionado a 500 μL de fenol 4,1% e 2,0 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os tubos de reação eram imediatamente resfriados em banho de água e a leitura óptica realizada em 480 nm. A concentração de glicose foi estimada contra um padrão de glicose contendo 100 nmol e expressa como μmol de açúcares redutores totais g^{-1} de tecido. O conteúdo de glicogênio foi expresso em μmol de glicosil-glicose g^{-1} de tecido.

Delineamento experimental e análise estatística

A análise estatística do ganho em peso diário e consumo diário foi realizada utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), constituído por sete tratamentos, com três repetições. Na análise estatística dos parâmetros metabólicos, os valores individuais dos peixes foram utilizados como repetição, utilizando-se um DIC, com sete tratamentos e nove repetições. A atividade amilásica foi analisada em DIC, constituído por 28 tratamentos, com nove repetições, em esquema fatorial 7x4, correspondendo a sete fontes de carboidratos e quatro regiões do trato gastrointestinal. Nos resultados em que foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade (Duncan, 1955). As interações no ensaio enzimático foram estudadas por mínimos quadrados (LSM – “Least Squares Means”). Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS V.8.0. (Littell et al., 1996).

Resultados e discussão

Crescimento e índices corporais

O teor de açúcares simples determinado nas análises laboratoriais (monossacarídeos + oligossacarídeos; Tabela 1) foi um dos fatores utilizados para definir o grau de complexidade das rações, definindo como as fontes menos complexas aquelas com maior teor de açúcares simples e vice-versa.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios dos parâmetros de crescimento e índices corporais para os quais foram observadas diferenças significativas provocadas pela complexidade das fontes de carboidratos estudadas. No geral, as fontes pré-gelatinizadas e modificadas de carboidratos se mostraram como boas fontes para a alimentação do pacu. Os peixes que consumiram dietas contendo fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada apresentaram significativamente a melhor média de ganho em peso ($1,31 \text{ g dia}^{-1}$) com média intermediária de consumo

diário de alimento ($1,63 \text{ g dia}^{-1}$). A dieta com inclusão de dextrina gerou a maior média de consumo diário ($1,84 \text{ g dia}^{-1}$). No entanto, não foi observado um satisfatório ganho em peso diário ($0,97 \text{ g dia}^{-1}$). Os peixes que receberam as dietas contendo glicose mostraram ganho em peso ($0,10 \text{ g dia}^{-1}$) e consumo diário ($0,48 \text{ g dia}^{-1}$), significativamente mais baixos quando comparados com os resultados médios observados para as outras fontes de carboidratos.

Espécies onívoras, tais como carpa comum *Cyprinus carpio* (Furuichi & Yone 1982), bagre do canal *Ictalurus punctatus* (Wilson & Poe 1987) e tilápia híbrida *Oreochromis niloticus* X *O. aureus* (Lin et al. 1997) utilizam carboidratos complexos de maneira mais eficiente que carboidratos simples, tal como observado no presente trabalho. No entanto, espécies carnívoras, tais como o esturjão branco *Acipenser transmontanus* apresentam um comportamento oposto (Hung et al. 1989; Deng et al. 2001).

Admite-se que um dos principais fatores que limitaram o ganho em peso dos peixes que consumiram dietas contendo glicose foi a baixa ingestão de alimento que pode ter sido limitada por fatores como energia disponível e palatabilidade. Diferentemente do observado no presente estudo, trabalhos anteriores realizados com peixes carnívoros como robalo europeu *Dicentrarchus labrax* (Peres & Oliva-Teles, 2002), salmonídeos (Kaushik & Oliva-Teles, 1985) e “cod” *Gadus morhua* (Hemre et al. 1989) mostraram decréscimos significativos no consumo de alimento contendo amidos gelatinizados. Segundo Pieper & Pfeffer (1980), a baixa utilização da glicose em peixes tem sido atribuída, entre outros fatores, à rápida absorção deste monossacarídeo, quando comparada com a absorção de polissacarídeos como o amido.

Tabela 2 – Valores de F e médias dos índices corporais e de intermediários metabólicos dos juvenis de pacu

Parâmetros	Valores de F	CV %	Médias para as dietas contendo os carboidratos ^{1/}							
			AR	AC	APgM	FPgM	DX	MD	GL	
Ganho em peso diário ^{1/}	7,3**	30,9	0,67 b ^{2/}	0,77 b	1,01 ab	1,31 a	0,97 ab	0,68 b	0,10 c	
Consumo diário ^{1/}	7,7**	20,2	1,40 ab	1,33 ab	1,42 ab	1,63 ab	1,84 a	1,20 b	0,48 c	
Ind. hepato-somático ^{2/}	5,2**	12,9	1,39 ab ^{2/}	1,29 b	1,28 b	1,29 b	1,54 a	1,38 ab	1,11 c	
Ind. visceros-somático ^{2/}	8,3**	12,8	4,01 b	4,48 b	5,29 a	5,21 a	5,19 a	4,17 b	4,12 b	
Plasma										
Glicose ^{3/}	4,2**	13,4	81,58 ab	80,39 ab	76,37 b	73,08 bc	77,51 ab	88,06 a	65,44 c	
Colesterol ^{3/}	6,9**	21,3	197,25 c	197,35 c	253,96 ab	166,82 c	202,16 c	215,54 bc	291,09 a	
Triglicerídeos ^{3/}	4,3**	31,2	243,56 c	241,04 c	336,75 ab	348,64 a	177,38 c	234,52 c	259,92 bc	
Ácidos graxos livres ^{4/}	0,6 ^{NS}	39,0	0,52	0,58	0,44	0,58	0,59	0,62	0,65	
Proteínas totais ^{5/}	0,4 ^{NS}	8,7	3,76	3,63	3,68	3,62	3,79	3,75	3,66	
Aminoácidos livres ^{4/}	4,7**	12,8	2,87 cd	3,07 abc	3,46 a	3,31 ab	2,78 cd	2,97 bcd	2,66 d	
Fígado										
Glicogênio ^{6/}	5,5**	20,8	699,67 ab	662,87 b	744,32 ab	469,45 c	824,05 a	667,91 b	753,26 ab	
Acid. graxos livres ^{6/}	1,7 ^{NS}	34,1	25,61	26,86	21,07	31,88	30,31	25,68	22,68	
Aminoácidos livres ^{6/}	2,9*	16,3	33,69 cd	34,04 bcd	39,15 abc	40,10 ab	40,57 a	37,07 abcd	32,14 d	
Músculo branco										
Glicogênio ^{6/}	2,1 ^{NS}	34,3	7,18	10,30	8,41	9,40	8,36	6,69	10,52	
Acid. graxos livres ^{6/}	2,0 ^{NS}	41,0	0,44	0,40	0,27	0,40	0,40	0,50	0,52	
Aminoácidos livres ^{6/}	3,0*	11,8	22,63 c	23,71 bc	25,01 abc	26,14 ab	27,54 a	25,05 abc	26,84 a	

^{1/} g dia⁻¹; ^{2/} %; ^{3/} mg dL⁻¹; ^{4/} μmoles ml⁻¹ de plasma; ^{5/} g dL⁻¹; ^{6/} μmoles g⁻¹ de tecido úmido. ^{7/}Fontes: **AR**: amido de milho regular; **AC** - amido de milho ceroso; **APgM**: amido de milho pré-gelatinizado e modificado; **FPgM**: fécula de mandioca modificada e pré-gelatinizada **DX**: dextrina; **MD**: maltodextrina; **GL**: dextrose (glicose). ^{8/}Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan. *(P<0,05), ** (P<0,01)

A rápida absorção de glicose poderia significar que uma quantidade considerável desta molécula entra no organismo antes que haja uma elevação suficiente da atividade das enzimas do metabolismo dos carboidratos (Shiau & Lin, 2002). Isso, portanto, poderia restringir a utilização de carboidratos altamente disponíveis e assim causar a baixa utilização da glicose pelos peixes (Furuchi & Yone, 1982). No presente experimento admitimos que a rápida absorção de glicose pode ter disponibilizado energia em quantidade suficiente, fazendo com que os peixes atingissem rapidamente o ponto de saciedade.

O maior IHS (1,54%) foi encontrado para a dieta com inclusão de dextrina (Tabela 2), enquanto que o menor foi observado para a dieta contendo glicose (1,11%). No entanto, Lochmann et al (2005), avaliando a utilização de dietas contendo carboidratos com diferentes graus de complexidade para juvenis de “sunshine bass”, encontraram maior IHS nos peixes alimentados com glicose, em relação aos que consumiram carboidratos complexos com diferentes relações amilose/amilopectina. Lee & Lee (2004), estudando a utilização de glucose, dextrina e amido no crescimento e composição corporal da solha-estrelada-do-pacífico *Platichthys stellatus*, encontraram um aumento do IHS com a elevação dos níveis de amido, que esteve diretamente relacionado com a deposição de glicogênio hepático.

Os maiores valores médios do IVS foram verificados para dextrina (5,19%), e para as fontes modificadas e pré-gelatinizadas de amido de milho (5,29%) e de fécula de mandioca (5,21%) (Tabela 2). Quando as médias de IVS são comparadas às médias de consumo diário de alimento, pode ser observada uma relação direta entre estes dois fatores, mostrando que no pacu o desenvolvimento do trato gastrintestinal e o acúmulo de gordura ligada aos tecidos desta região dependem, em grande parte, do nível de ingestão alimentar e da fonte de carboidrato.

Para todos os tratamentos foi registrada uma taxa de sobrevivência de 100%, sugerindo a viabilidade da utilização de qualquer uma das sete fontes de carboidratos nos estudos nutricionais do peixe onívoro pacu.

Atividade amilásica

Na Tabela 3 são apresentadas as médias da atividade amilásica determinadas no estudo do efeito das fontes de carboidratos e do local de coleta no trato gastrintestinal do pacu mostrando diferenças significativas para ambos, assim como para a interação entre esses fatores. Foi observado que as sete fontes de carboidratos induziram atividade amilásica nas quatro regiões do trato digestório do pacu. Estudos anteriores realizados por Correa et al (1998) e por Moraes & Bidinotto (2000) avaliando a utilização de carboidratos digestíveis também mostraram a existência de atividade amilásica no trato digestório do pacu.

Tabela 3 – Valores de F e médias da atividade amilásica do trato gastrintestinal dos juvenis de pacu

Causas de Variação	Valores de F
Efeito da fonte de carboidrato (F)	7,2**
Efeito da região do trato gastrintestinal (R)	107,7**
Interação F x R	3,5**
CV (%)	36,2
Médias para fontes:	(U mg ⁻¹ de proteína)
Amido de milho regular	20,70
Amido de milho ceroso	20,64
Amido de milho pré-gelatinizado e modificado	21,4
Fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada	18,08
Dextrina	21,07
Maltodextrina	22,82
Glicose	11,90
Médias para região do trato gastrointestina/	
Estômago	9,79
Cecos pilóricos	33,10
Intestino anterior	18,21
Intestino posterior	16,52

A Figura 1 apresenta os resultados da análise da interação entre fontes de carboidratos e região do trato digestório.

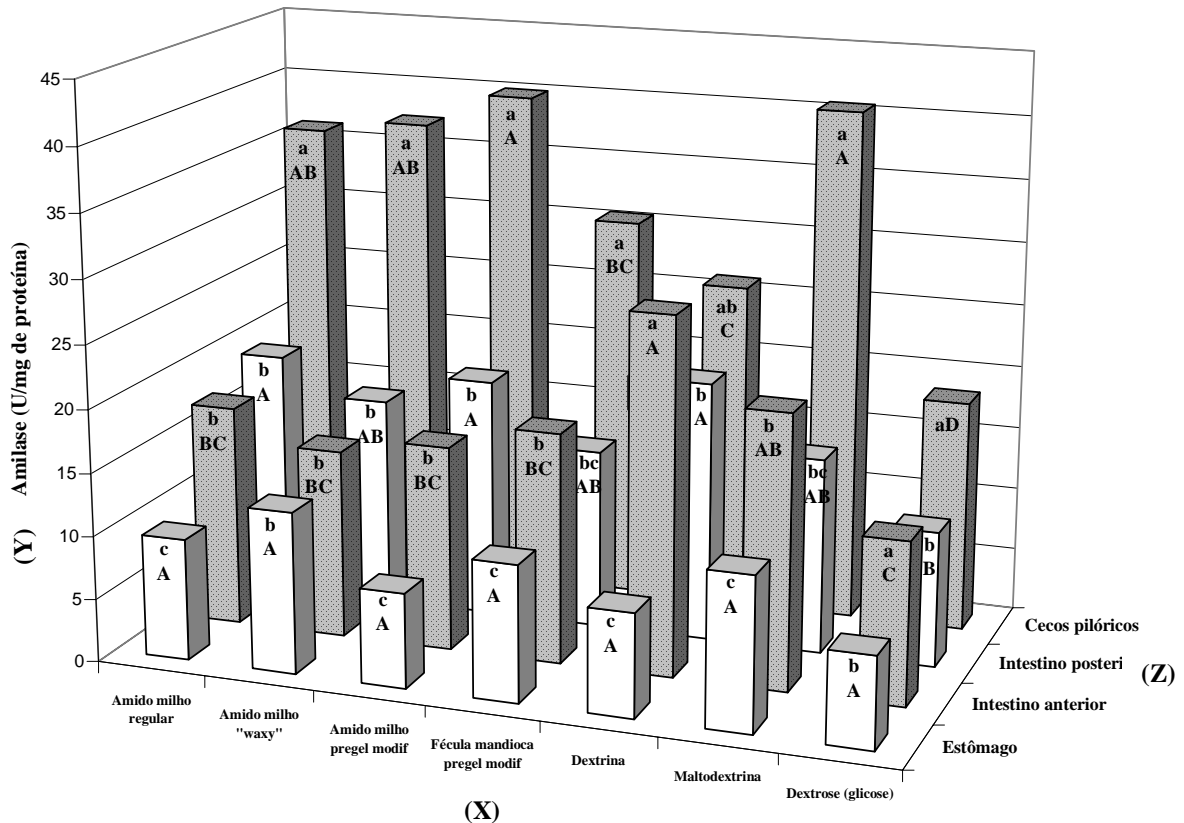


Figura 1. Valores médios da atividade amilásica (Y) no estudo da interação entre fontes de carboidratos (X) e regiões do trato gastrintestinal (Z) dos juvenis de pacu. Médias com letras diferentes, minúsculas no eixo Z e maiúsculas no eixo X, diferem entre si (LSM, $P < 0,05$).

Comparando-se as médias de atividade amilásica entre os animais alimentados com as fontes de carboidratos estudadas, observa-se um padrão similar de atividade. O estômago mostrou ter sempre as menores médias de atividade amilásica (de 7,2 a 12,8 $U\ mg^{-1}$ de proteína), nos cecos pilóricos foram encontradas as maiores médias (de 18,4 a 40,6 $U\ mg^{-1}$ de proteína), e no intestino anterior e posterior foram observadas quase sempre médias intermediárias de atividade (de 12,8 a 28,2 e 10,7 a 20,6 $U\ mg^{-1}$ de proteína, respectivamente) (Figura 1). Um padrão similar de atividade amilásica também foi observado por Moraes & Bidinotto (2000) no trato digestório do pacu alimentado com dietas contendo níveis crescentes de amido de trigo. Os autores descreveram que, para

todos os tratamentos, o padrão da atividade amilásica decresceu de: cecos > intestino anterior > intestino posterior > estômago. Correa et al. (1998) encontraram perfis enzimáticos similares em pacu e juvenis do híbrido de tambacú; as diferenças que aparecem entre as quatro regiões do trato digestório poderiam ser atribuídas à concentração ou às características específicas da enzima. Tendo em conta que a amilase foi determinada em extratos de tecido (atividade específica: U mg⁻¹ de proteína)²³, estes autores acreditaram que as diferenças encontradas podem ser atribuídas às concentrações enzimáticas de cada região. No mesmo sentido, Correa (2002) admitiram que uma das justificativas para os altos níveis de atividade amilásica encontrada nos cecos de algumas espécies de peixes é que as secreções pancreáticas de amilase, por serem liberadas na porção intestinal anterior, são absorvidas principalmente pela mucosa dos cecos e do intestino anterior.

No estudo dos efeitos das fontes de carboidratos dentro de cada uma das regiões do trato gastrointestinal (Figura 1), pode-se observar que no estômago, todas as fontes apresentaram médias semelhantes de atividade amilásica indicando que nesta região a atividade hidrolítica da amilase é independente da complexidade da fonte de carboidrato utilizada. No entanto, nos cecos pilóricos foram encontradas diferenças significativas na atividade amilásica. As dietas contendo maltodextrina e amido pré-gelatinizado e modificado (APgM) mostraram as mais altas médias de atividade (40,59 e 39,99 U mg⁻¹ de proteína, respectivamente), que porem não diferiram significativamente das mostradas pelo amido regular (AR; 36,18 U mg⁻¹ de proteína) e o amido ceroso (AC; 37,21 U mg⁻¹ de proteína). Valores de atividades intermediários foram observados para fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada (30,53 U mg⁻¹ de proteína) e dextrina (26,03 U mg⁻¹ de proteína), e inferiores para glicose (18,38). Nos cecos, a diminuição significativa da atividade amilásica nos peixes que consumiram dietas com inclusão de dextrina e glicose pode estar relacionada à falta de substrato adequado para hidrólise uma vez que a dextrina é um polissacarídeo parcialmente hidrolisado e a glicose é um açúcar totalmente hidrolisado.

É importante destacar que nos cecos, a diminuição significativa observada nas médias da atividade amilásica de peixes alimentados com fécula de mandioca pré-

²³ (U): μmol de açúcares redutores totais m⁻¹

gelatinizada e modificada pode estar relacionada a algum tipo de fator inibitório resultante do seu processamento ou da relação amilose/amilopectina que essa fonte possua. Assim, Stone et al (2003a), estudando a adição de α -amilase exógena em dietas com diferentes fontes de carboidratos para perca prateada *Bidyanus bidyanus*, encontraram uma degradação mais eficiente de amidos gelatinizados quando comparados com amidos crus. Os autores explicaram que a maior degradação destes carboidratos foi resultado da maior susceptibilidade da molécula de amido gelatinizado à ação enzimática, pelo incremento da sua superfície específica. Neste mesmo sentido, Rawles & Lochmann (2003) estudaram a utilização de fontes de carboidratos com diferente relação amilose/amilopectina para “sunshine bass”. Os autores explicaram que a rápida liberação de glicose a partir da amilopectina é causada pelos seus múltiplos pontos de ramificação, que proporcionam locais para a ação da amilase. Além disso, as cadeias laterais curtas de glicose proporcionam uma maior área para melhor mobilidade da amilase ao longo delas. Contrastando com o anterior, a estrutura linear das longas cadeias da amilose pode causar uma mais lenta digestão das fontes de carboidratos com maior relação amilose/amilopectina.

Além dos fatores anteriormente citados, outra possível causa para a diminuição da atividade amilásica na FPgM e na DX foram seus altos índices de consumo diário de alimento (Tabela 2), o que possivelmente inibiu o aumento da atividade enzimática pelo constante fluxo de alimento pelo trato digestório. Embora a glicose não seja um substrato adequado para hidrólise, os valores médios de atividade amilásica observados podem ter sido induzidos por cadeias de sacarídeos contidas nos outros ingredientes que compuseram a dieta: celulose microfina, carboximetilcelulose e resíduos de glicogênio ou contaminantes contidos na farinha de peixe.

Comparando as médias de atividade amilásica no intestino do pacu, a Figura 1 apresenta os resultados diferenciados para os efeitos das fontes de carboidratos. No intestino anterior, os maiores valores de atividade amilásica foram induzidas pela dextrina (28,19 U mg⁻¹ de proteína) e a menor pela glicose (12,85 U mg⁻¹ de proteína). No intestino posterior as maiores médias de atividade foram observadas para amido regular (19,37 U mg⁻¹ de proteína), amido pré-gelatinizado e modificado (18,99 U mg⁻¹ de proteína) e dextrina (20,59 U mg⁻¹ de proteína), e a menor para glicose (10,70 U mg

⁻¹ de proteína). Observa-se que a dextrina manteve valores médios de atividade amilásica relativamente similares aos encontrados nos cecos, o que pode estar ainda relacionado ao alto consumo de alimento, como já foi explicado. A diminuição da atividade enzimática observada para as demais fontes no intestino anterior e posterior, quando comparadas com a atividade dos cecos pilóricos, mostram que nestas regiões, ainda havia substrato suficiente para hidrólise, como cadeias de sacarídeos parcialmente hidrolisadas.

Estudos nutricionais que avaliaram a atividade de enzimas digestivas em pacu (Moraes & Bidinotto 2002) e em outra espécie de hábito alimentar onívoro como jundiá, *Rhamdia quelen* (Melo 2004), e no peixe carnívoro pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Lunsted et al. 2004), confirmam a atividade indutiva da amilase. Assim como foi encontrado no presente trabalho, esses estudos mostraram que existiu atividade amilásica nas diferentes regiões do trato digestório, destacando ainda que o nível de atividade variou em função da alteração do teor de carboidratos da dieta. Além da complexidade molecular, as diferenças no aproveitamento dos carboidratos encontradas nos estudos realizados com diversas espécies também podem estar relacionadas ao hábito alimentar e portanto, com as particularidades anatômicas do trato gastrointestinal dos peixes. A capacidade adaptativa que os peixes têm às variações em quantidade e qualidade do alimento no meio natural foi descrita por diversos autores, em estudos das mudanças das enzimas digestivas nas diferentes regiões do trato digestório (Dabrowski et al. 1992, Ugolev & Kuz'mina 1994, Chakrabarti et al. 1995). Acredita-se que o hábito onívoro do pacu, a morfologia do trato digestório e a capacidade de armazenamento estomacal que possui permitem que haja uma liberação contínua do alimento, o que possibilita uma ação mais eficiente da amilase nos cecos e intestinos, permitindo portanto, melhor digestão e absorção das fontes complexas de carboidratos.

Intermediários metabólicos

Os valores médios dos intermediários metabólicos também são apresentados na Tabela 2. Não foram observadas diferenças significativas entre as fontes de

carboidratos nas médias dos ácidos graxos livres plasmáticos, hepáticos ou musculares. Os valores médios de proteína total plasmática e a concentração de glicogênio muscular não variaram em função das fontes de carboidratos utilizadas. Acredita-se que as altas variações individuais observadas para os ácidos graxos livres do plasma, fígado e músculo, e para o glicogênio muscular possam ter impedido a detecção de diferenças entre as dietas com as diferentes fontes de carboidratos.

As concentrações de glicogênio foram muito superiores no fígado do que no músculo branco, onde não foram encontradas diferenças entre as fontes de carboidratos. Moraes & Bidinotto (2004) também não encontraram diferenças no conteúdo de glicogênio no músculo branco de juvenis do pacu alimentados com dietas contendo diferentes relações de proteína e amido. Os valores de glicogênio hepático variaram significativamente entre 824,05 $\mu\text{moles g}^{-1}$ de tecido úmido para dextrina e 469,45 $\mu\text{moles g}^{-1}$ de tecido úmido para fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada.

A extração da glicose da circulação sangüínea é uma das principais funções do fígado, para ser armazenado como glicogênio e, em caso de necessidade, liberá-la posteriormente, mediante a hidrólise do glicogênio. A maior média de glicogênio hepático dos peixes que receberam dietas com dextrina mostrou que embora a atividade amilásica para esta dieta não tenha sido maior do que outras fontes complexas de carboidratos, o alto consumo diário (Tabela 1) foi um dos fatores que garantiu uma maior quantidade de substrato disponível para hidrólise, com posterior produção de glicose para ser estocada como glicogênio. Corrêa (2002) encontrou aumento no valor do glicogênio hepático em juvenis de tambaqui alimentados com concentrações crescentes de amido de milho. Entretanto, a menor concentração de glicogênio encontrado no fígado dos peixes que consumiram dietas contendo FPgM pode estar relacionada com a menor atividade amilásica encontrada nos cecos pilóricos (Figura 1) o que limitaria a produção de glicose e, em conseqüência, o seu armazenamento como glicogênio hepático.

Segundo Cowey et al. (1988), alguns peixes exibem níveis muito altos de glicose plasmática, com retorno mais lento aos níveis basais do que os mamíferos. No presente estudo, valores intermediários para glicose plasmática foram encontrados para as

fontes de carboidratos mais complexas ou modificadas. O maior valor de glicose plasmática foi encontrado para maltodextrina ($88,06 \text{ mg dL}^{-1}$) e o menor para glicose ($65,44 \text{ mg dL}^{-1}$). A maior e menor concentração de glicose plasmática observada nos peixes que consumiram dietas contendo maltodextrina e glicose, respectivamente, coincide com a alta e baixa atividade da amilase nos cecos encontrada para estes tratamentos (Figura 1). No entanto, Correa (2002), estudando a utilização de dietas contendo diferentes teores de proteína e carboidratos para o peixe onívoro tambaqui, não encontraram variações da glicemia plasmática. Segundo Panserat et al. (2000), uma das possíveis causas da baixa utilização da glicose e da hiperglicemia pós-prandial em trutas pode ser a falta de regulação da gliconeogênese pela glicose-6-fosfatase (G6Pase) que é a enzima que catalisa a liberação da glicose para o sistema circulatório, tanto no processo de glicogenólise, como da gliconeogênese. As poucas informações disponíveis sobre a atividade da G6Pase em peixes onívoros na presença de carboidratos com diferentes graus de complexidade limitam o entendimento sobre os fatores que podem deprimir a atividade da enzima e de outras enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos.

O efeito das fontes de carboidratos sobre o metabolismo dos lipídeos foi observado através das concentrações de colesterol e triglicerídeos. O consumo de glicose gerou o maior nível plasmático de colesterol ($291,09 \text{ mg dL}^{-1}$) e valores intermediários de triglicerídeos ($259,92 \text{ mg dL}^{-1}$). Já, o consumo de fécula de mandioca pré-gelatinizada e modificada (FPgM) gerou uma das menores concentrações de colesterol ($166,82 \text{ mg dL}^{-1}$), mas foi a fonte que provocou o maior acúmulo de triglicerídeos plasmáticos ($348,64 \text{ mg dL}^{-1}$, respectivamente). O aumento dos triglicerídeos plasmáticos encontrados para as duas fontes processadas de carboidratos, sugere a ocorrência de lipogênese, pela síntese de triglicerídeos hepáticos, com posterior transporte para o plasma e incorporação final no tecido adiposo. A observação anterior é confirmada pelos resultados da análise de composição corporal e eficiência nutricional dos peixes que foram alimentados com FPgM, e que mostram as maiores médias de lipídeos corporais (15,43%) e eficiência de retenção de energia bruta (60,92%) quando comparados com outras fontes de

carboidratos (Muñoz-Ramírez et al. 2005)²⁴. De maneira semelhante, Correa (2002) e Bergot (1979b) encontraram elevações de triglicerídeos plasmáticos de juvenis de tambaqui e truta arco-íris respectivamente em função dos níveis de proteína da dieta, sugerindo a utilização de aminoácidos cetogênicos para a síntese de triglicerídeos hepáticos. As altas concentrações de colesterol e o menor teor de lipídeos corporais observados nos peixes que consumiram dietas contendo glicose, sugerem que não houve lipogênese e que parte da glicose ingerida foi utilizada para síntese de colesterol. Avaliando o efeito poupador de proteína de diferentes fontes de carboidratos em perca, Stone et al. (2003b) acreditam que a redução de lipídeos corporais pode ter sido causada pela baixa disponibilidade de energia resultante da baixa digestibilidade das dietas, o que gerou mobilização dos lipídeos corporais para atingir as exigências para crescimento e manutenção.

Segundo Levrat et al. (1996), a diminuição do colesterol plasmático também pode ter sido causada pelo amido resistente à hidrólise. De maneira similar à encontrada nos juvenis de pacu, a diminuição dos níveis de colesterol plasmático utilizando carboidratos complexos foi encontrada em truta arco-íris (Sttorebaken et. al. 1998). Isto pode estar associado ao aumento das perdas fecais de esteróides e ácidos biliares (Levrat et al., 1996, Moundras et al. 1997), causadas pela ligação desses ácidos aos polissacarídeos não digeridos das dietas experimentais ou pela deconjugação dos ácidos biliares inibindo, portanto, a formação de micelas de ácidos biliares. Além disso, devido ao favorecimento da viscosidade do fluido intestinal provocado pelos carboidratos não digestíveis, pode ter havido um bloqueio na difusão e transporte das enzimas, substratos, sais biliares e micelas dentro do conteúdo intestinal.

As maiores concentrações de aminoácidos livres plasmáticos foram observadas nos peixes que receberam fontes de carboidratos modificados: APgM e FPgM (3,46 e 3,31 $\mu\text{moles mL}^{-1}$, respectivamente). Isto mostra uma possível mobilização de aminoácidos para síntese protéica, confirmando portanto as maiores médias de eficiência de retenção de proteína bruta (ERPb) encontradas por Muñoz-Ramírez et al. (2005)⁹, quando avaliaram estas mesmas fontes de amidos modificados e gelatinizados

²⁴ Muñoz-Ramírez et al. (2005) Crescimento de juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* alimentados com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos – Capítulo III (publicação em preparação).

para o crescimento de juvenis de pacu (47,88 e 50,44% para APgM e FPgM, respectivamente). A menor concentração plasmática de aminoácidos livres foi encontrada nos peixes alimentados com GL (2,66 $\mu\text{moles mL}^{-1}$), o que mostra a baixa incorporação de aminoácidos, decorrente do baixo consumo de proteína da dieta, gerando lento crescimento (Tabela 2) e baixa eficiência de retenção de proteína bruta (13,40%; Muñoz-Ramírez et al. 2005)⁹. Neste sentido, Peragón et al. (1999) afirmam que a baixa ingestão de carboidratos na dieta pode levar a um significativo emprego dos aminoácidos disponíveis, oriundos da dieta protéica ou do catabolismo muscular, para serem utilizados via gliconeogênese para síntese de glicose.

O efeito das fontes de carboidratos sobre a concentração de aminoácidos livres também foi observado no músculo branco onde foram encontradas concentrações significativamente maiores para os peixes alimentados com dextrina e glicose (27,54 e 26,84 $\mu\text{moles g}^{-1}$ de tecido úmido, respectivamente). Estes níveis de aminoácidos livres mostraram possivelmente a deficiência que os peixes tiveram em realizar síntese protéica, dando preferência a processos de catabolismo protéico e aumentando dessa maneira, a concentração de aminoácidos livres para posterior gliconeogênese. Assim, as médias significativamente maiores de glicogênio hepático observadas nos peixes alimentados com dextrina e glicose (824,05 e 753,26 $\mu\text{moles g}^{-1}$ tecido úmido, respectivamente) mostram relação direta com as concentrações de aminoácidos livres musculares, e portanto com os processos de gliconeogênese.

A utilização de fontes de carboidratos digestíveis com diferentes graus de complexidade gerou importantes mudanças no perfil metabólico dos juvenis de pacu, mostrando um baixo aproveitamento de fontes parcialmente hidrolisadas, como a dextrina, e de açúcares simples como a glicose, com mobilização de aminoácidos para sustentar a demanda energética muscular para incorporá-los em processos de gliconeogênese. O melhor desempenho foi obtido com as dietas contendo fécula pré-gelatinizada e modificada, mas foi observado alto índice hepato-somático e elevada concentração de triglicéridos plasmáticos. O padrão de atividade amilásica observado foi similar para todas as fontes de carboidratos, tendo sido encontrada a maior atividade nos cecos pilóricos, média atividade no estômago e valores intermediários no intestino.

Agradecimentos

Nosso especial agradecimento à Profa. Dra. Elisabeth Criscuolo Urbinati e aos alunos do Laboratório de Morfologia e Fisiologia Animal da FCAV da Unesp, Jaboticabal, SP, Brasil, pela colaboração nas coletas e na realização das análises de metabolismo intermediário. Agradecemos ao Prof. Dr. Gilberto Moraes e à Profa. Dra. Licia Maria Lundsted do Laboratório de Bioquímica Adaptativa do Departamento de Genética e Evolução, da Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil, pela orientação e colaboração nos ensaios enzimáticos e de metabolismo. Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, programa PEC/PG (Brasil) pela concessão da bolsa de doutorado do primeiro autor e à empresa CORN PRODUCTS BRASIL Ingredientes Industriais Ltda (Mogi Guaçu, Brasil) pelo fornecimento das fontes de carboidratos, pela realização das análises de açúcares e minerais e pelo auxílio financeiro concedido.

Referências

- Allain, C.C., Poon, L.S., Chan, C.S., Richmond, W. & Fu, P.C. (1974) Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinical Chemistry*, **20**, 470 - 475.
- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, 1298 p. Association of Official Analytical Chemists, 15th Edn, Arlington, VA, USA.
- Bergot, F. & Breque, J. (1983) Digestibility of starch by rainbow trout: Effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture*, **34**, 203-212.
- Bergot, F. (1979a) Carbohydrates in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrates and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, **18**, 157–167.
- Bergot, F. (1979b) Effects of dietary carbohydrates and of their mode of distribution on glycaemia in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Comparative Biochemistry and Physiol.*, **64A**, 543-547.
- Bernfeld, P. (1955). Amylases α and β : colorimetric assay method. In: *Methods in Enzymology* (Colowich, S.P. & Kaplan, N.O. eds.), Vol. 1., pp. 149-154. Academic Press Inc., New York, NY, USA.
- Bidinotto, P.M., Souza, R.H.S. & Moraes, G. (1997). Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of microsamples. *Boletim Técnico do CEPTA*, **10**, 53-60.

- Bjorck, I., Granfeldt, Y., Liljeberg, H., Tovar, J., Asp, N.G. (1994) Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *American Journal of Clinical Nutrition*. **59** (supplement), 699S-705S.
- Blaedel, W.J. & Uhl, J.M. (1975) Nature of materials in serum that interfere in the glucose oxidase- peroxidase-0-dianisidine method for glucose, and their mode of action. *Clinical Chemistry*, **21**, 119-124.
- Borghetti, J.R., Lepeleire, R.E.M., Fernandez, D.R. (1991) Os efeitos da origem da proteína no crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) criado em tanques-rede. *Revista Brasileira de Biologia*, **51**, 689-694.
- Bucolo, G. & David, H. (1973) Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. *Clinical Chemistry*, **19**, 476-482.
- Carneiro, D.J., Wagner, P.M., Dias, T.C.R. (1992) Efeito da densidade de estocagem e do nível de proteína bruta na dieta, no desempenho de produção de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7., 1992, Peruíbe. **Anais...Peruíbe**: Associação Brasileira de Aquicultura, p. 52-61.
- Carneiro, D.J., Castagnolli, N., Machado, C.R., Verardino, M. (1984) Nutrição do pacu, *Colossoma mitrei* (BERG, 1895), Pisces, Characidae. I Níveis de proteína dietária. In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Aquicultura - III Simbraq, v. 1984, São Carlos, São Paulo. **Anais Proceedings...São Carlos, São Paulo**: p. 105-119.
- Chakrabarti, I., Gani, K.K., Chaki, R.S., Misra, K.K. (1995) Digestive enzymes in 11 freshwater teleost fish species in relation to food habit and niche segregation. *Comparative Biochemistry and Physiology*. **112A**, 167-177.
- Copley, N.G. (1941) Alloxan and ninhydrin test. *The Analyst.*, **66**, 492-493.
- Correa, C.F. (2002) *Estudo dos padrões de digestão enzimática e perfil metabólico em tambaqui, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) alimentado com diferentes teores de proteína e carboidratos em regime de confinamento*. Tese (doutorado) – São Carlos: UFSCar. 115p. 2002
- Correa, C.F., Bidinotto, P.M., Moraes, G. (1998) Comparation of the amilohydrolytic activity in the gut of the neotropical teleost species Pacu *Piaractus mesopotamicus* and Tambaqui hybrids (*Colossoma macropomum* Tambaqui X *P. mesopotamicus* Pacu), submitted to different contents of soluble carbohydrate. Pages 87-99. In: D.D. Mackinley and D. Houlihan, eds. International Congresss on the Biology of Fish. Fish Feeding Ecology and Digestion: "Gutshop'98" Symposium Proceedings, Baltimore Maryland. Disponível em: <http://www-heb.pac.dfo-mpo.gc.ca/congress/1998/gutshop98.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2005.
- Cowey, C.B., Mackie, A.M., Bell, J.G. (1988) *Nutrition and feeding in fish*. London: Academic Press, 489 p.
- Cowey, C.B., Adron, J.W., Brown, D.A & Shanks, A.M. (1975) Studies on the nutrition of marine flatfish. The metabolism of glucose by plaice *Pleuronectes platessa* and the effect of dietary energy source on protein utilization in plaice. *British. Journal Nutrition*, **33**, 219–231.

- Dabrowski, K., Krumschnabel, G., Paukku, M., Labonowski, I. (1992) Cyclic growth and activity of pancreatic enzymes in alevins of Artic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Journal of Fish Biology*, **40**, 511-521.
- Deng, D.F., Refstie, S., Hung, S.S.O. (2001) Glycemic and glycosuric responses in white sturgeon *Acipenser transmontanus* after oral administration of simple and complex carbohydrates. *Aquaculture*, **199**, 107–117.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, **28**, 350-358.
- Duncan, D.B. (1955) Multiple range an multiple “F” test. *Biometrics*, **11**, 1-42.
- Fernandes, J. B. K. et al. (2000) Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos e juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **29**, 646-653.
- Furuichi, M. & Yone, Y. (1982). Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. **48**, 945–948.
- Gallant, D.J., Bouchet, B., Buleon, A., Pérez, S. (1992) Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition*. **46** (supplement 2), S3-S16.
- Glass, H.J., Mc Donald, N.L., Moran, R.M., Stark, J.R. (1989) Digestion of protein in different marine species. *Comp. Biochem. Physiol.*, **91B**, 607-611.
- Granfeldt, Y., Lilieberg, H., Drews, A., Newman, R., Bjorck, I. (1994) Glucose and insulin responses to barley products: influence of food structure and amylose-amylopectin ratio. *American Journal of Clinical Nutrition*, **59**, 1075-82.
- Gutierrez, R.H. (1988) **Tecnologia de extrusão**: produtos texturizados e expandidos. Campinas: Unicamp, FEA, 1988. Apostila.
- Hemre, G.-I, Bjørnevik, M., Beattie, C.; Björnson, B.T., Hansen, T. (2002) Growth and salt-water tolerance of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared under different combinations of dietary carbohydrate and photoperiod regime. *Aquaculture Nutrition*, **8**, 23-32.
- Hemre, G.-I. & Hansen, T. (1998) Utilisation of different dietary starch sources and tolerance to glucose loading in Atlantic salmon during parr - smolt transformation. *Aquaculture*, **161**, 145-157.
- Hemre, G.I., Lie, E., Lambersten, G. (1989) Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): Digestibility and retention. *Aquaculture*, **80**, 261-270.
- Hepher, B. (1988). *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge, Cambridge University Press. 387 p.
- Hilton, J.W., Atkinson, J.L. (1982). Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increase levels of available carbohydrates in practical trout diets. *British Journal of Nutrition*, **47**, 597– 607.

- Hung, S.S.O. (1991) Carbohydrate utilization by white sturgeon as assessed by oral administration tests. *Journal of Nutrition*, **121**, 1600-1605.
- Hung S.S.O., Fynn-Aikins FK, Lutes PB, Xu RP. (1989) Ability of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to utilize different carbohydrate sources. *Journal of Nutrition*, **119**, 727-733.
- Kaushik, S.J. & Oliva-Teles, A. (1985) Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, **50**, 89– 101.
- Lanari, D., Poli, B.M., Ballestrazzi, R., Lupi, P., D'Agaro, E., Mecatti, M. (1999) The effect of dietary fat and NFE level on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Growth rate, body composition and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture* 179, 351– 364.
- Lee, S. & Lee, J. (2004) Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Fisheries Science*, **70**, 53-58.
- Lee, S., Kim, K.& Lall, S.P. (2003) Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, **221**, 427-438.
- Levrat, M.A., Moundras, C., Younnes, H., Morand, C., Demigne, C., Remesy, C. (1996) Effectiveness of resistant starch, compared to guar gum, in depressing plasma cholesterol and enhancing fecal steroid excretion. *Lipids*, **31**, 1069–1075.
- Lin, J.H., Cui, Y., Hung, S.S.O., Shiao, S.Y. (1997). Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon *Acipenser transmontanus* and hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture*, **148**, 201–211.
- Littell, R. et al. (1996) SAS System for mixed models, SAS Institute Inc, Cary, 633p
- Lochmann, R., Rawles, S., Gaylord, G. (2005) Body indices, blood lipid class composition and proximate analysis of sunshine bass fed diets with different amylase to amylopectin ratios. In: AQUACULTURE AMERICA 2005, 2005, New Orleans. Proceedings... Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2005. p. 246.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. & Randall, R.J. (1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, **193**, 265-275.
- Lundstedt, L.M.; Melo, J.F.B.; Moraes, G. (2004) Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **137B**, p. 331-339, 2004.
- Melo, J.F.B. (2004) *Digestão e metabolismo de jundiá *Rhamdia quelen* submetido a diferentes regimes alimentares* / José Fernando Bibiano Melo– São Carlos: UFSCar, 2004. 100p. Tese (Doutorado – Universidade Federal de São Carlos, 2004).
- Melo, W.J.; Bertipaglia, L.A.; Melo, G.P.; Melo, V.P. (1998) *Carboidratos*, p. 214. Funep, Jaboticabal, SP, Brasil.

- Moraes, G. & Bidinotto, P.M. (2004) Digestive proteases of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed on distinct protein-starch diets. *Journal of Applied Aquaculture*, **15**, 197-207.
- Moraes, G., Bidinotto, P.M. (2000) Induced changes in the amylohydrolitic profile of the gut of *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1885) fed different levels of soluble carbohydrates its correlation with metabolic aspects. *Revista de Ictiologia*, **8**, 47-51.
- Moundras, C., Behr, S.R., Remesy, C., Demigne, C., (1997). Fecal losses of sterols and bile acids induced by feeding rats guar gum are due to greater pool size and liver bile acid secretion. *Journal of Nutrition*, **127**, 1068–1076.
- Muñoz-Ramírez, A.P. & Carneiro, D.J. (2002) Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível protéico para o crescimento inicial de alevinos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum*, **24**, 909-916.
- Norvák, M. (1965) Colorimetric ultra micro method for the determination of free fatty acids. *Journal of Lipid Research*, **6**, 431-433.
- Panserat, S. et al. (2000) Lack of significant long-term effect of dietary carbohydrates on hepatic glucose-6-phosphatase expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The Journal of Nutritional Biochemistry*, **11**, 22-29.
- Park, J.T. & Johnson, M.J. (1949). A submicro determination of glucose. *The Journal of Biological Chemistry*, **181**, 140-151.
- Peragón, J., Barroso, J.B., García-Salguero, L., Higuera, M.D., Lupiáñez, J.A. (1999) Carbohydrates affect protein-turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **179**, 425-437.
- Pieper, A. & Pfeffer, E. (1980) Studies on the effect of increasing proportions of sucrose or gelatinized maize starch in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) on the utilization of dietary energy and protein. *Aquaculture*, **20**, 333–342.
- Rawles, S. & Lochmann, R. (2003) Effects of amylopectin/amylase starch ratio on growth, body composition and glycemic response of sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Journal of the World Aquaculture Society*. **34**, 278-288.
- Refstie, T., Austreng, E. (1981) Carbohydrate in rainbow trout diets. III. Growth and chemical composition of fish from different families fed four levels of carbohydrate in the diet. *Aquaculture*, **25**, 35–49.
- Shiau, S.Y., Lin, Y.H. (2002) Utilization of glucose and starch by the gouper *Epinephelus malabaricus* at 23 °C. *Fisheries Science*, **68**, 991-995.
- Shiau, S.Y., Chuang, J.C. (1995) Utilization of disaccharides by juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, **133**, 249-256.
- Silva, A.J. (1985) *Aspectos da alimentação do pacu adulto, Colossoma mitrei* (BERG, 1885) (PISCES, CHARACIDAE), no pantanal de Mato Grosso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

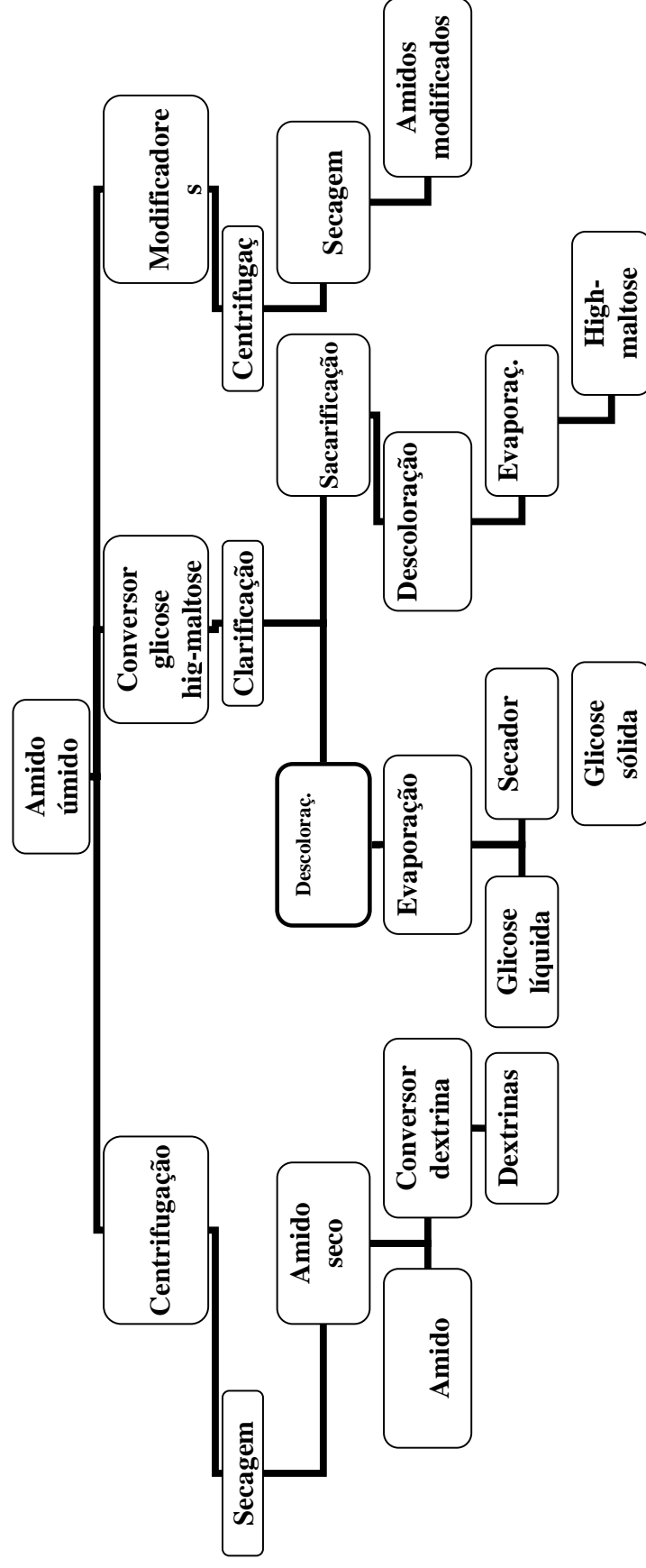
- Stech, M.R. (1999) *Utilização de soja integral processada em dietas para o crescimento de pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)*. 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Stone, D.A.J., Allan, G.L., Anderson, A.J. (2003a) Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell). IV. Can dietary enzymes increase digestible energy from wheat starch, wheat and dehulled lupin?. *Aquaculture Research*, **34**, 135-147
- Stone, D.A.J., Allan, G.L., Anderson, A.J. (2003b) Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell). III. The protein-sparing effect of wheat starch-based carbohydrates. *Aquaculture Research*, **34**, 123-134.
- Toledo, M.P. (2004) *Processamentos de dietas práticas com diferentes fontes de energia para o crescimento e a digestibilidade da tilápia do Nilo*. Tesis (Doctorado) - Centro de Aqüicultura - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Jaboticabal, 33 p.
- Trinder P. (1969) Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Annals of Clinical Biochemistry*, **6**, 24.
- Ugolev, A.M. & Kuz'mina, V.V. (1994) Fish enterocyte hydrolases: nutrition adaptations. *Comparative Biochemistry and Physiology*. **107A**, 187-193.
- Weichselbaum, T.E. (1946) An accurate and rapid method for the determination of proteins in small amounts of blood serum and plasma. *The American Journal of Pathology*, **16**, 40.
- Wilson, R.P. (1994) Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, **124**, 67-80.
- Wilson, R.P., POE, W.E. (1987) Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono- and disaccharides as energy sources. *Journal of Nutrition*, **117**, 280-285.

ANEXOS

ANEXO 1

**Fluxograma do processo de moagem úmida do milho
(Fernandes, 1998)**

Fluxograma do processo de moagem úmida do milho



Fonte: FERNANDES, V.G. Co-produtos na industrialização do milho. Mogi Guaçu: Corn Products Brasil, 1998.

ANEXO 2

Fichas Técnicas das Fontes de Carboidratos Utilizadas nas Dietas Experimentais (Capítulos II, III, IV)*

* As fichas técnicas dos produtos Amido de milho pregelatinizado e modificado (*RD 337*) e Fécula de mandioca pregelatinizada e modificada (*RD 323*) não são apresentadas pois são produtos em desenvolvimento.



Amido de Milho AMISOL® 3408

Amido com grau alimentício obtido através de tecnologia de industrialização do milho por via úmida.

Especificações:

Físico-Químicas

	Min.	Máx.
Umidade, %	-	14,0
pH	4,5	5,5

Microbiológicas

	m	M
Bacillus Cereus, ufc/g (n=5, c=0)	10	-
Coliformes Totais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	-
Coliformes Fecais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	-
Contagem Total de Bactérias, ufc/g (n=5, c=2)	1000	5000
Fungos e Leveduras, ufc/g (n=5, c=2)	250	2500
Salmonella/Shigella, ufc/25g (n=5, c=0)	ND	-
Staphylococcus aureus, ufc/5g (n=5, c=0)	ND	-

Informações sensoriais:

Aspecto	A (Livre ptos pretos e/ou partículas estranhas)	-
Cor (Visual)	Pó branco	-
Odor	Característico	-
Sabor	Característico	-

Informações nutricionais/100g *VT:

Carboidrato, g	86,0
Cálcio, mg	9,5
Ferro, mg	0,7
Fibra Alimentar, g	2,0
Gorduras Totais, g	0,0
Proteínas, g	0,30
Sódio, mg	4,5
Valor Calórico, kcal	344

*VT - Valores Típicos ou de referência.
Não constituem especificação do produto.

Principais aplicações:

Alimentos em pó, Alimentos processados, Biscoitos, Confeitos, Doce de leite, Fermento químico, Massas, Molhos

Funcionalidade:

- Agente de corpo
- Agente gelificante
- Atua como aglutinante.
- Veículo de Vitamina C.
- Confere textura

Sopas e Caldos:

- Promove viscosidade.

Panificação:

- Atua como agente emulsificante em melhoradores de panificação.
- Branqueamento de farinha de trigo..

Biscoitos:

- Quebra da força do glúten.

Embalagem - Vida útil:

A granel - 180 dias
Saco de papel multifoliado 25 kg - 730 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Registros:

CAS: 9005-25-8

Certificado Kosher

21CFR182.1

Food Chemical Codex (FCC) 5ª Ed.

Resolução CNMPA nº 12, 24/07/1978.

Resolução RDC nº12, 02/01/2001-ANVISA

19/01/2005

As informações aqui contidas são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso, contidas na legislação em vigor. A CORN PRODUCTS BRASIL - Ingredientes Industriais Ltda. reserva-se o direito de modificar as especificações do produto.

CornProducts
INTERNATIONAL
Assessoria e Consultoria
0300 789-5800
Tel: (11) 5070-7835
sac@cornproducts.com.br

CornProducts
BRASIL
Av. do Café, 277 - Torre B - 2º andar
04311-000 - São Paulo - SP - Brasil
Tel: (11) 5070-7700 Fax: (11) 5070-7831
www.cornproducts.com.br



Amido de Milho AMISOL® 4000

Amido de milho ceroso (waxy) obtido através da última geração de tecnologia de industrialização de milho por via úmida.

Especificações:

Físico-Químicas

	Min.	Máx.
Umidade, %	-	14,0
pH	4,5	5,5

Microbiológicas

	m	M
Bacillus Cereus, ufc/g (n=5,c=0)	10	-
Coliformes Totais, NMP/g (n=5,c=0)	<0,3	-
Coliformes Fecais, NMP/g (n=5,c=0)	<0,3	-
Contagem Total de Bactérias, ufc/g (n=5,c=2)	1000	5000
Fungos e Leveduras, ufc/g (n=5,c=2)	250	2500
Salmonella/Shigella, ufc/25g (n=5,c=0)	ND	-
Staphylococcus aureus, ufc/5g (n=5,c=0)	ND	-

Informações sensoriais:

Aspecto	A (Livre ptoz pretos e/ou partículas estranhas)
Cor (Visual)	Po branco -
Odor	Característico -
Sabor	Característico -

Informações nutricionais/100g *VT:

Carboidrato, g	86,0
Cálcio, mg	9,7
Ferro, mg	0,4
Fibra alimentar, g	3,0
Gorduras Totais, g	0,0
Proteínas, g	0,50
Sódio, mg	22,0
Valor Calórico, kcal	352

*VT - Valores Típicos ou de referência.
Não constituem especificação do produto.

Principais aplicações:

Balas, Alimentos infantis, Cremes, Maionese/Molhos cremosos, Molhos, Mostarda, Sopas, Sorvetes

Funcionalidade:

- Agente geleificante resistente à retrogradação. Forma gel claro, de viscosidade estável e textura filamentosa que confere características adequadas a flans e sobremesas lácteas durante o armazenamento
- Evita a cristalização da lactose na fabricação de doce de leite, impedindo a arenosidade do mesmo e aumentando o rendimento e a vida útil do produto.

Embalagem - Vida útil:

Saco de papel multifoliado 25 kg - 365 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Registros:

CAS: 9005-25-8
Certificado Kosher

21CFR182.1
Food Chemical Codex (FCC) 5ª Ed.
Resolução RDC nº12, 02/01/2001-ANVISA

19/01/2005

As informações aqui contidas são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso, contidas na legislação em vigor. A CORN PRODUCTS BRASIL - Ingredientes Industriais Ltda. reserva-se o direito de modificar as especificações do produto.

CornProducts
INTERNATIONAL
Assistência (Sempre):
0300 789-5800
Tel: (11) 5070-7835
sac@cornproducts.com.br

CornProducts
BRASIL
Av. do Café, 277 - Torre B - 2º andar
04311-000 - São Paulo - SP - Brasil
Tel: (11) 5070-7700 Fax: (11) 5070-7831
www.cornproducts.com.br



Dextrina AMIDEX® 182

Dextrina obtida pela conversão termoquímica do amido de milho

Especificações:

<i>Físico-Químicas</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Cor da Pasta (Dextrina)		
Solúveis (B.S. à 25°C) (%)	90,0	
Umidade, %		14,0
Viscosidade Blattman (seg.) (30% D.B. a 25°C)	17,00	23,00

Informações sensoriais:

Aspecto:	Pó
Cor:	Creme Claro
Odor:	Característico

Embalagem - Vida útil:

A granel - 180 dias
Saco de papel multifoliado 25 kg - 365 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Principais aplicações:

Briquetes, Rebolos e lixas abrasivas, Areias de moldagem, Fabricação de adesivos vegetais, Tintas a base de água

Funcionalidade:

- Aplicadas como espessante de anilinas nos processos de estamperia à máquina e ao quadro
- Devido a sua solubilidade, a tinta migra para a superfície do molde formando um filme protetor que assegura cobertura homogênea e resistente
- Em areias de moldagem, promove maior dureza superficial, maior resistência aos cantos vivos, elimina virtualmente a penetração do metal no molde e reduz a friabilidade
- Em tintas, melhora a dureza superficial do molde, evitando erosão pelo jato metálico, por ocasião do vazamento
- Melhora a definição dos desenhos
- Produz uma goma homogênea que confere corpo às pastas de estamperia
- Reduz a friabilidade.

Registros:

CAS: 9004-53-9

As informações aqui contidas são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso, contidas na legislação em vigor. A CORN PRODUCTS BRASIL - Ingredientes Industriais Ltda. reserva-se o direito de modificar as especificações do produto.


CornProducts
INTERNATIONAL
Assistência a Clientes:
0300 789 5800
Tel: (11) 5070-7835
sac@cornproducts.com.br


CornProducts
BRASIL
Av. do Café, 277 - Torre B - 2º andar
04311-000 - São Paulo - SP - Brasil
Tel: (11) 5070-7700 Fax: (11) 5070-7831
www.cornproducts.com.br



Maltodextrina MOR-REX® 1920

Composição de açúcares na forma de pó, totalmente solúvel em água, produzida através da conversão do amido de milho.

Especificações:

<i>Físico-Químicas</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Cinzas, %	-	0,50
Dextrose equivalente (DE)	17,0	19,9
Umidade, %	-	5,0
pH	4,5	5,5

<i>Microbiológicas</i>	<i>m</i>	<i>M</i>
Contagem Total de Bactérias, ufc/g (n=5, c=2)	100	1000
Fungos e Leveduras, ufc/g (n=5, c=1)	100	1000
Coliformes Totais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	-
Coliformes Fecais, NMP/g (n=5, c=0)	<0,3	-
Bacillus Cereus, ufc/g (n=5, c=0)	0	-
Salmonella/Shigella, ufc/25g (n=10, c=0)	ND	-
Staphylococcus aureus, ufc/5g (n=5, c=0)	ND	-
Clostridio sulfito redutor, ufc/g (n=5, c=0)	10	-

Principais aplicações:

Adoçantes de mesa, Alimentos em pó, Aromas e essências, Refresco em pó, Achocolatados em pó, Capuccino em pó

Funcionalidade:

- Aumenta o volume do produto em que é aplicado
- Baixa higroscopicidade.
- Baixo teor de açúcares.
- Não mascara o odor característico dos produtos.
- Rápida solubilidade e dispersão

Embalagem - Vida útil:

Saco de papel multifoliado 25 kg - 365 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Composição aproximada em açúcares (% B. Seca):

Dextrose	2
Maltose	6
Outros açúcares	92

Informações sensoriais:

Aspecto	Pó Branco (A) (Livre de grumos e pontos pretos)	
Odor	Característico	-
Sabor	Típico	-

Registros:

CAS: 9050-36-6
Certificado Kosher

21CFR184.1444

Food Chemical Codex (FCC) 8ª Ed.
Decreto Lei 55.871 26/03/1965-ANVISA.

Informações nutricionais/100g *VT:

Valor Calórico, kcal	380
Carboidratos, g	95,0
Fibra Alimentar, g	0,0
Gorduras Totais, g	0,0
Proteínas, g	0,0
Cálcio, mg	1,3
Ferro, mg	1,3
Sódio, mg	27,9

*VT - Valores Típicos ou de referência.
Não constituem especificação do produto.

20/01/2005

As informações aqui contidas são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso, contidas na legislação em vigor. A CORN PRODUCTS BRASIL - Ingredientes Industriais Ltda. reserva-se o direito de modificar as especificações do produto.

CornProducts
INTERNATIONAL
Assessoria e Clientes:
0300 789-5800
Tel: (11) 5070-7835
sac@cornproducts.com.br

CornProducts
BRASIL
Av. do Café, 277 - Torre B - 2º andar
04311-000 - São Paulo - SP - Brasil
Tel: (11) 5070-7700 Fax: (11) 5070-7831
www.cornproducts.com.br



Dextrose Monoidratada CERELOSE® 020020

Monossacarídeo obtido através de hidrólise completa do amido de milho.

Especificações:

Físico-Químicas

	Min.	Máx.
Dextrose equivalente (DE)	99,0	-
Umidade, %	-	10,0

Microbiológicas

	m	M
Contagem Total de Bactérias, ufc/g	100	200
E. coli, ufc/10g	ND	-
Coliformes Totais, NMP/g	<10	-
Coliformes Fecais, NMP/g	<0,3	-
Fungos e Leveduras, ufc/g	10	20

Informações sensoriais:

Aspecto:	Pó
Cor:	Branca
Odor:	Característico
Sabor:	Levemente doce

Informações nutricionais/100g *VT:

Carboidrato, g	90
Cálcio, mg	5,0
Ferro, mg	0,5
Fibra Alimentar, g	0,0
Gorduras Totais, g	0,0
Proteínas, g	0,0
Sódio, mg	0,0
Valor Calórico, kcal	360

*VT - Valores Típicos ou de referência.
Não constituem especificação do produto.

Principais aplicações:

Barras de cereais, Biscoitos,
Fermentação, Frigoríficos, Panificação,
Refresco em pó, Sorvetes, Têxtil

Funcionalidade:

- Acentua o sabor.
- Atua como anti-oxidante de corantes sulfurosos na indústria têxtil
- Confere textura
- Promove a reação de Maillard, responsável pelo sabor, aroma e coloração
- Reduz o ponto de congelamento de sorvetes, proporcionando maciez e cremosidade

Embalagem - Vida útil:

Saco(s) 25 kg - 365 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Registros:

CAS: 50-99-7
Certificado Kosher
Resolução RDC RP12, 02/01/2001-ANVISA

13/12/2004

As informações aqui contidas são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso, contidas na legislação em vigor. A CORN PRODUCTS BRASIL - Ingredientes Industriais Ltda. reserva-se o direito de modificar as especificações do produto.

CornProducts
INTERNATIONAL
Assandamento e Sementes
0300 789-5800
Tel: (11) 5070-7835
suc@cornproducts.com.br

CornProducts
BRASIL
Av. do Café, 277 - Torre B - 2º andar
04311-000 - São Paulo - SP - Brasil
Tel: (11) 5070-7700 Fax: (11) 5070-7831
www.cornproducts.com.br

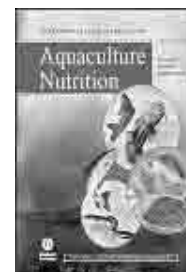
ANEXO 3

Normas para publicação da revista *Aquaculture Nutrition*

Aquaculture Nutrition

Edited by:

Dr Rune Waagbø

Print ISSN: 1353-5773**Online ISSN:** 1365-2095**Frequency:** Bi-monthly**Current Volume:** 11**ISI Journal Citation Reports® Ranking:** 2003: 11/37 (Fisheries)**Impact Factor:** 1.066

Author Guidelines

Submission

One original and three copies of each typescript should be submitted to the Editorial Office:

The Editor

Aquaculture Nutrition

NIFES (National Institute of Nutrition and Seafood Research)

P.O. Box 2029 Nordnes

N-5817 Bergen

Norway

e-mail: an@nifes.no

A disk should accompany the final version of the manuscript where possible. Authors are requested to use an IBM-compatible system (see below for more details).

A covering letter must be included, signed by the corresponding author (i.e. the author to whom correspondence should be addressed), and stating on behalf of all the authors that the work has not been published and is not being considered for publication elsewhere. Copyright of accepted manuscripts and all published material becomes the property of the Journal and all accepted papers should be accompanied by a copyright assignment form. This may be accessed at:

http://www.blackwellpublishing.com/pdf/anu_caf.pdf

Preparation of the Manuscript

All sections of the typescript should be on one side of A4 paper, double-spaced and with 30 mm margins. Articles are accepted for publication only at the discretion of the Editor(s). Authors will receive prompt acknowledgement of receipt of their paper and a decision will be reached within 3 months of receipt. A manuscript should consist of the following sections:

Title page

This should include: the full title of the paper; the full names of all the authors; the name(s) and address(es) of the institution(s) at which the work was carried out (the present addresses of the authors, if different from the above, should appear in a footnote); the name, address, and telephone and fax numbers of the author to whom all correspondence and proofs should be sent; a suggested running title of not more than fifty characters, including spaces; and six key words to aid indexing.

Main text

Generally, all papers should be divided into the following sections and appear in the order: (1) Abstract or Summary, not exceeding 150-200 words, (2) Introduction, (3) Materials and Methods, (4) Results, (5) Discussion, (6) Acknowledgements, (7) References, (8) Figure legends, (9) Tables, (10) Figures.

The Results and Discussion sections may be combined and may contain subheadings. The Materials and Methods section should be sufficiently detailed to enable the experiments to be reproduced. Trade names should be capitalized and the manufacturer's name and address given.

All pages must be numbered consecutively from the title page, and include the acknowledgements, references and figure legends, which should be submitted on separate sheets following the main text. The preferred position of tables and figures in the text should be indicated in the left-hand margin.

Units and spellings

Système International (SI) units should be used. The salinity of sea water should be given as g L^{-1} . Use the form g mL^{-1} not g/mL . Avoid the use of g per 100g, for example in food composition, use g kg^{-1} . If other units are used, these should be defined on first appearance in terms of SI units, e.g. mmHg. Spelling should conform to that used in the *Concise Oxford Dictionary* published by Oxford University Press. Abbreviations of chemical and other names should be defined when first mentioned in the text unless they are commonly used and internationally known and accepted.

Scientific names and statistics

Complete scientific names should be given when organisms are first mentioned in the text and in tables, figures and key words. The generic name may subsequently be abbreviated to the initial, e.g. *Gadus morhua* L., otherwise *G. morhua*. Carry out and describe all appropriate statistical analyses.

References (Harvard style)

References should be cited in the text by author and date, e.g. Lie & Hemre (1990). Joint authors should be referred to by *et al.* if there are more than two, e.g. Hemre *et al.* (1990).

More than one paper from the same author(s) in the same year must be identified by the letters a, b, c, etc., placed after the year of publication. Listings of references in the text should be chronological. At the end of the paper, references should be listed alphabetically according to the first named author. The full titles of papers, chapters and books should be given, with the first and last page numbers; journal titles should be abbreviated according to *World List of Scientific Periodicals*.

Lie, O., Lied, E. & Lambertsen, G. (1988) Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed. *Aquaculture*, **69**, 333-341.

Lall, S.P. (1989) The minerals. In: *Fish Nutrition* (Halver, J.E. ed.), 2nd edn, Vol. 1, pp. 219-257. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA.

Work that has not been accepted for publication and personal communications should not appear in the reference list, but may be referred to in the text (e.g. A. Author, unpubl. observ.; A.N. Other, pers. comm.). It is the authors' responsibility to obtain permission from colleagues to include their work as a personal communication. A letter of permission should accompany the manuscript.

Illustrations and tables

These should be referred to in the text as figures using Arabic numbers, e.g. Fig. 1, Fig. 2, etc., in order of appearance. Three copies of each figure should be submitted and each figure should be marked on the back with its appropriate number, together with the name(s) of the author(s) and the title of the paper. Where there is doubt as to the orientation of an illustration the top should be marked with an arrow.

Photographs and photomicrographs should be unmounted glossy prints and should not be retouched. Labelling should be clearly indicated on an overlay or photocopy. Colour illustrations are acceptable when found necessary by the Editor; however, the author may be asked to contribute towards the cost of printing.

Line drawings should be on separate sheets of white paper in black indelible ink (dot matrix illustrations are not permitted); lettering should be on an overlay or photocopy and should be no less than 4 mm high for a 50% reduction. Please note, each figure should have a separate legend; these should be grouped on a separate page at the end of the manuscript. All symbols and abbreviations should be clearly explained.

Tables should be self-explanatory and include only essential data. Each table must be typewritten on a separate sheet and should be numbered consecutively with Arabic numerals, e.g. Table 1, and given a short caption. No vertical rules should be used. Units should appear in parentheses in the column headings and not in the body of the table. All abbreviations should be defined in a footnote.

All tables and figures that are reproduced from a previously published source must be accompanied by a letter of permission from the Publisher or copyright owner.

It is the policy of Aquaculture Nutrition for authors to pay the full cost for the reproduction of their colour artwork.

Therefore, please note that if there is colour artwork in your manuscript when it is accepted for publication, Blackwell Publishing require you to complete and return a colour work agreement form before your paper can be published. This form can be downloaded as a PDF* from the internet. The web address for the form is:

http://www.blackwellpublishing.com/pdf/SN_sub2000_X_CoW.pdf

If you are unable to access the internet, or are unable to download the form, please contact the Production Editor at the address below, or:

Phone: +44 (0)131 226 7232, +44 (0)131 7184423 (direct line)
Fax: +44 (0)131 226 3803

And they will be able to email or FAX a form to you.

Once completed, please return the form to the Production Editor at the address below:

Blackwell Publishing Ltd

101 George Street
Edinburgh
EH2 3ES
UK

Any article received by Blackwell Publishing with colour work will not be published until the form has been returned.

* To read PDF files, you must have Acrobat Reader installed on your computer. If you do not have this program, this is available as a free download from the following web address:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>

Acknowledgements

These should be brief and must include references to sources of financial and logistical support.

Page Proofs and Reprints

Proofs will be sent via e-mail as an Acrobat PDF (portable document format) file. The e-mail server must be able to accept attachments up to 4 MB in size. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following Web site:

<http://www.adobe.com/prodindex/acrobat/main.html> This will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Proofs will be posted if no e-mail address is available; in your absence, please arrange for a colleague to access your e-mail to retrieve the proofs. Proofs must be returned to the Editor within 3 days of receipt, ideally by fax. Only typographical errors can be corrected at this stage. Major alterations to the text cannot be accepted.

Offprints of articles may be ordered at the proof stage. The corresponding author will be provided with five free copies of the published issue. Where there are more than two authors, the corresponding author will receive two free copies for distribution to each author.

Disks

The Journal welcomes submission of accepted manuscripts on disk. These should be IBM-compatible and must be accompanied by an accurate hard copy. *Do not justify*. A file description form should also be completed and sent with the disk: <http://www.blackwellpublishing.com/pdf/fdf.pdf>. Particular attention should be taken to ensure that any articles submitted in this form adhere *exactly* to the journal style in all respects. Further details can be obtained from the Publisher; the Editor(s) will supply 'disk submission' forms on acceptance of a manuscript. Disks will not be returned to the authors.

ANEXO 4

Relatórios das Análises por Cromatografia das Dietas Experimentais (Capítulos III e IV)

Operator:wpauleto Timebase:Bio600 Sequence:03-10-15

Page 1

24/03/2005 21

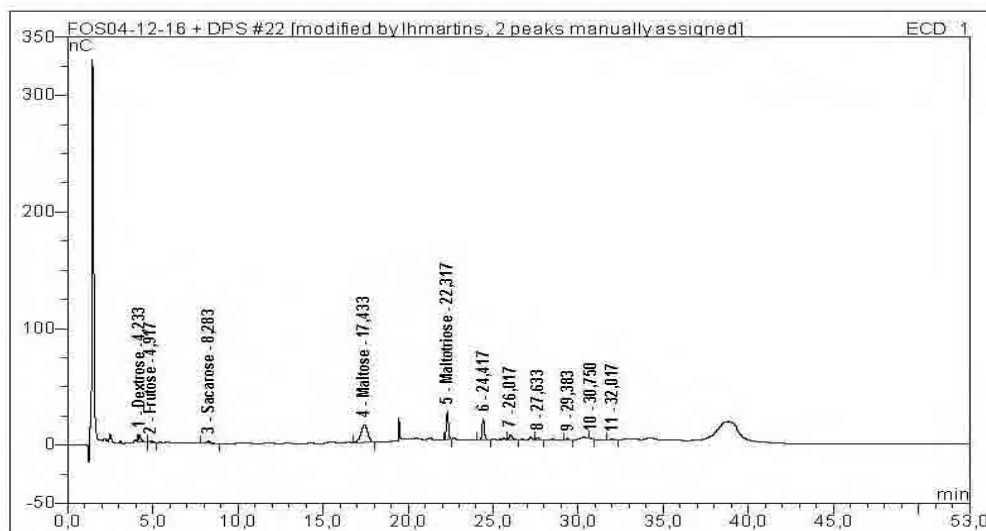


Ingredients Technology - Technical Lab.



Cromatograph Analyses Report

Sample Name:	Ração Animal - Peixe amostra 1 - Amido Regular		
Solicitor:	Lauro Lucchesi		
Sample Type:	Ração Animal		
Control Program:	D Gradiente de acetato		
Quantif. Method:	Monosacarídeos	Dilution Factor:	2,0000 L
Recording Time:	17/12/2004 13:56	Sample Weight:	10,1600 g
Run Time (min):	53,00		



No.	Ret. Time min	Peak Name	Height nC	Area nC*min	Rel. Area %	Amount mg/L	Amount %
1	4,23	Dextrose	5,652	0,888	5,3036	0,1800	0,004
2	4,92	Fructose	0,956	0,293	1,7495	0,0824	0,002
3	8,28	Sacarose	1,770	0,611	3,6509	0,2557	0,005
4	17,43	Maltose	14,859	6,855	40,9596	2,2509	0,044
5	22,32	Maltotriose	24,142	3,421	20,4395	1,2270	0,024
6	24,42	DP4	17,814	2,917	17,4304	1,0463	0,021
7	26,02	DP5	4,338	0,902	5,3917	0,3237	0,006
8	27,63	DP6	1,750	0,329	1,9684	0,1182	0,002
9	29,38	DP7	1,475	0,285	1,7000	0,1020	0,002
10	30,75	DP8	0,505	0,074	0,4420	0,0265	0,001
11	32,02	DP9	0,6564	0,1614	0,9644	0,0579	0,001
Total:			73,917	16,736	100,00	5,671	0,112

Analyst: Luiz Henrique Martins
Responsible: Carlos M. Shimokomaki

Cromatografo por detecao de ions
Analisador d Dionex
Detector de ions

Chromeleon (c) Dionex 1996-;

Operator:wpauleto Timebase:Bio600 Sequence:03-10-15

Page 10-1

24/03/2005 20:44

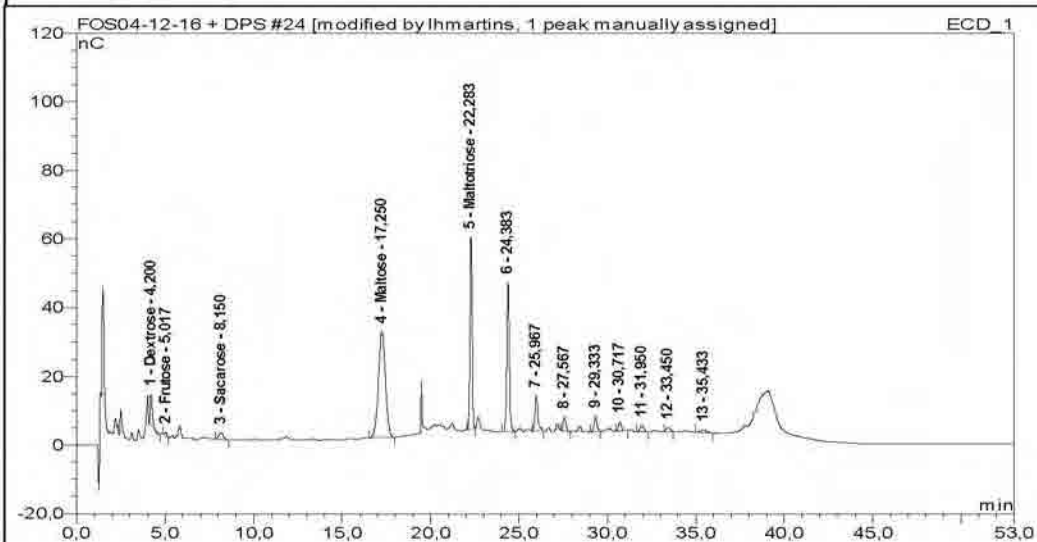


Ingredients Technology - Technical Lab.



Cromatograph Analyses Report

Sample Name:	Ração Animal - Peixe amostra 3 - Amido Waxy		
Solicitor:	Lauro Lucchesi		
Sample Type:	Ração Animal		
Control Program:	D Gradiente de acetato		
Quantif. Method:	Monosacarídeos	Dilution Factor:	2,0000 L
Recording Time:	17/12/2004 15:42	Sample Weight:	10,6000 g
Run Time (min):	53,00		



No.	Ret. Time min	Peak Name	Height nC	Area nC*min	Rel. Area %	Amount mg/L	Amount %
1	4,20	Dextrose	9,138	1,144	3,14	0,2319	0,004
2	5,02	Fructose	0,933	0,124	0,34	0,0349	0,001
3	8,15	Sacarose	1,992	0,573	1,57	0,2398	0,005
4	17,25	Maltose	30,725	14,063	38,63	4,6178	0,087
5	22,28	Maltotriose	55,718	8,186	22,49	2,9362	0,055
6	24,38	DP4	43,351	7,243	19,90	2,5979	0,049
7	25,97	DP5	10,158	1,828	5,02	0,6557	0,012
8	27,57	DP6	4,052	0,805	2,21	0,2887	0,005
9	29,33	DP7	4,476	0,856	2,35	0,3071	0,006
10	30,72	DP8	2,634	0,504	1,38	0,1808	0,003
11	31,95	DP9	1,893	0,448	1,23	0,1607	0,003
12	33,45	DP10	1,161	0,305	0,84	0,1093	0,002
13	35,43	DP11	0,797	0,324	0,89	0,1162	0,002
Total:			167,027	36,402	100,00	12,48	0,231

Analyst: Luiz Henrique Martins
Responsible: Carlos M. Shimokomaki

Chromeleon (c) Dionex 1996-2000

peixe 3/Integration

Version 6.20 Build 531

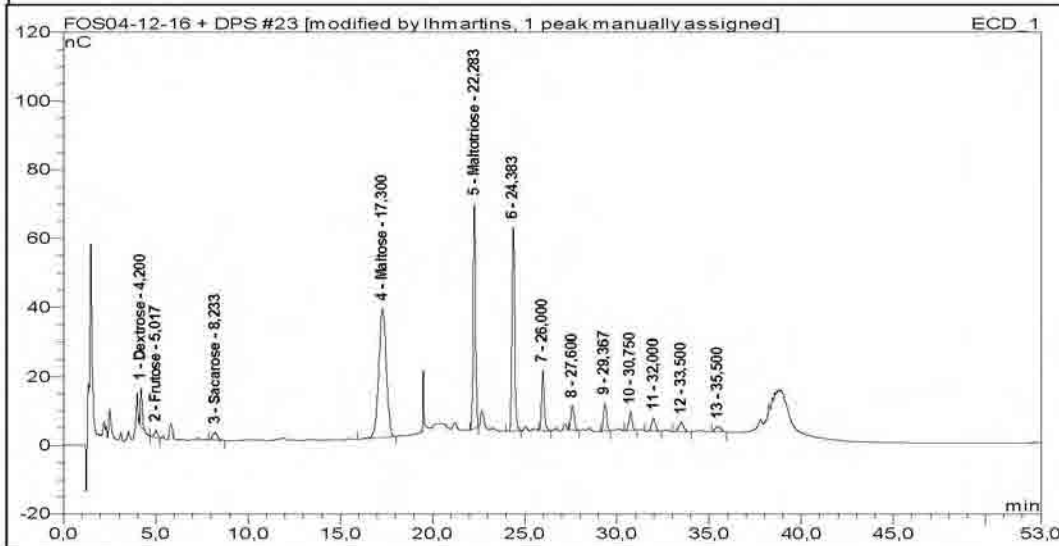


Ingredients Technology - Technical Lab.



Cromatograph Analyses Report

Sample Name:	Ração Animal - Peixe amostra 2 - Amido Pregelatinizado		
Solicitor:	Lauro Lucchesi		
Sample Type:	Ração Animal		
Control Program:	D Gradiente de acetato		
Quantif. Method:	Monosacarídeos	Dilution Factor:	2,0000 L
Recording Time:	17/12/2004 14:49	Sample Weight:	10,1800 g
Run Time (min):	53,00		



No.	Ret.Time min	Peak Name	Height nC	Area nC*min	Rel.Area %	Amount mg/L	Amount %
1	4,20	Dextrose	10,970	1,286	2,62	0,2607	0,005
2	5,02	Frutose	2,165	0,426	0,87	0,1198	0,002
3	8,23	Sacarose	2,228	0,653	1,33	0,2733	0,005
4	17,30	Maltose	37,342	17,731	36,09	5,8222	0,114
5	22,28	Maltotriose	65,096	9,677	19,70	3,4711	0,068
6	24,38	DP4	58,983	10,146	20,65	1,7878	0,035
7	26,00	DP5	17,379	2,980	6,06	0,5251	0,010
8	27,60	DP6	7,056	1,425	2,90	0,2512	0,005
9	29,37	DP7	8,067	1,572	3,20	0,2771	0,005
10	30,75	DP8	5,204	1,051	2,14	0,1852	0,004
11	32,00	DP9	3,690	0,872	1,78	0,1537	0,003
12	33,50	DP10	2,561	0,770	1,57	0,1357	0,003
13	35,50	DP11	1,467	0,539	1,10	0,0949	0,002
Total:			222,210	49,128	100,00	13,358	0,258

Analyst: Luiz Henrique Martins
Responsible: Carlos M. Shimokomaki

Chromeleon (c) Dionex 1996-2000

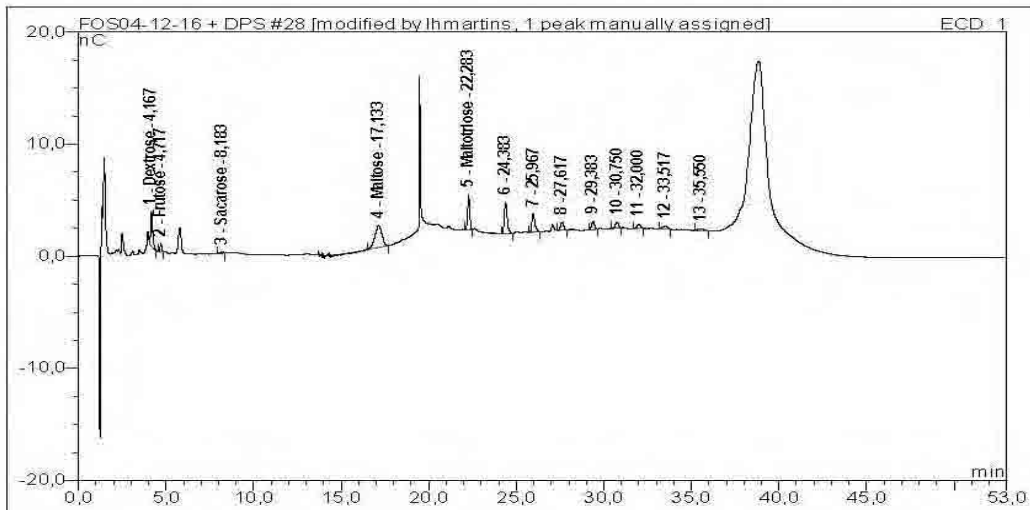


Ingredients Technology - Technical Lab.



Cromatograph Analyses Report

Sample Name:	Ração Animal - Peixe amostra 13 - Fecula de Mandioca		
Solicitor:	Lauro Lucchesi		
Sample Type:	Ração Animal		
Control Program:	D Gradiente de acetato		
Quantif. Method:	Monosacarídeos	Dilution Factor:	1,0000 L
Recording Time:	17/12/2004 17:36	Sample Weight:	0,5240 g
Run Time (min):	53,00		



No.	Ret. Time min	Peak Name	Height nC	Area nC*min	Rel. Area %	Amount mg/L	Amount %
1	4,17	Dextrose	2,956	0,369	10,829	0,075	0,014
2	4,72	Frutose	0,705	0,089	2,600	0,025	0,005
3	8,18	Sacarose	0,133	0,030	0,888	0,013	0,002
4	17,13	Maltose	1,971	0,919	26,944	0,302	0,058
5	22,28	Maltotriose	3,166	0,443	12,981	0,159	0,030
6	24,38	DP4	2,858	0,539	15,794	0,193	0,037
7	25,97	DP5	1,628	0,330	9,669	0,118	0,023
8	27,62	DP6	0,744	0,154	4,529	0,055	0,011
9	29,38	DP7	0,745	0,150	4,414	0,054	0,010
10	30,75	DP8	0,543	0,113	3,327	0,041	0,008
11	32,00	DP9	0,413	0,098	2,876	0,035	0,007
12	33,52	DP10	0,303	0,094	2,752	0,034	0,006
13	35,55	DP11	0,202	0,082	2,398	0,029	0,006
Total:			16,366	3,409	100,00	1,132	0,216

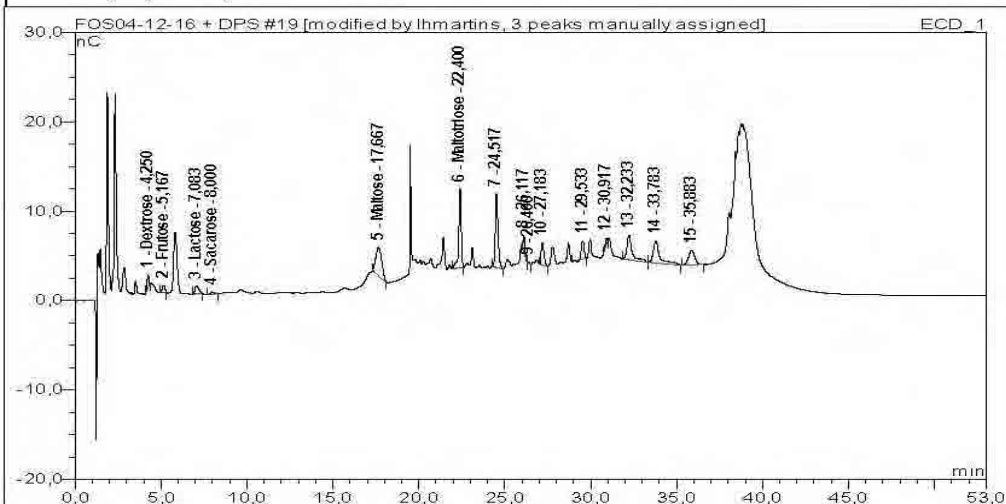


Ingredients Technology - Technical Lab.



Cromatograph Analyses Report

Sample Name:	Ração Animal - Peixe amostra 4 - Dextrina		
Solicitor:	Lauro Lucchesi		
Sample Type:	Ração Animal		
Control Program:	D Gradiente de acetato		
Quantif. Method:	Monosacárideos	Dilution Factor:	1,0000 L
Recording Time:	17/12/2004 10:02	Sample Weight:	0,5170 g
Run Time (min):	53,00		



No.	Ret.Time min	Peak Name	Height nC	Area nC*min	Rel.Area %	Amount mg/L	Amount %
1	4,25	Dextrose	1,570	0,183	2,14	0,0372	0,007
2	5,17	Frutose	0,731	0,145	1,69	0,0409	0,008
3	7,08	Lactose	0,834	0,222	2,59	0,0585	0,011
4	8,00	Sacarose	0,255	0,077	0,90	0,0322	0,006
5	17,67	Maltose	3,157	1,220	14,20	0,4004	0,077
6	22,40	Maltotriose	8,827	1,393	16,22	0,4996	0,097
7	24,52	DP4	8,218	1,523	17,73	0,5464	0,106
8	26,12	DP5	1,938	0,223	2,59	0,0799	0,015
9	27,18	DP6	2,446	0,434	5,05	0,1557	0,030
10	29,53	DP7	2,025	0,353	4,11	0,1265	0,024
11	30,92	DP8	0,799	0,100	1,17	0,0359	0,007
12	32,23	DP9	2,757	0,948	11,03	0,3399	0,066
13	33,78	DP10	2,442	1,073	12,49	0,3849	0,074
14	35,88	DP11	1,621	0,682	7,94	0,2446	0,047
Total:			37,620	8,576	99,85	2,983	0,577

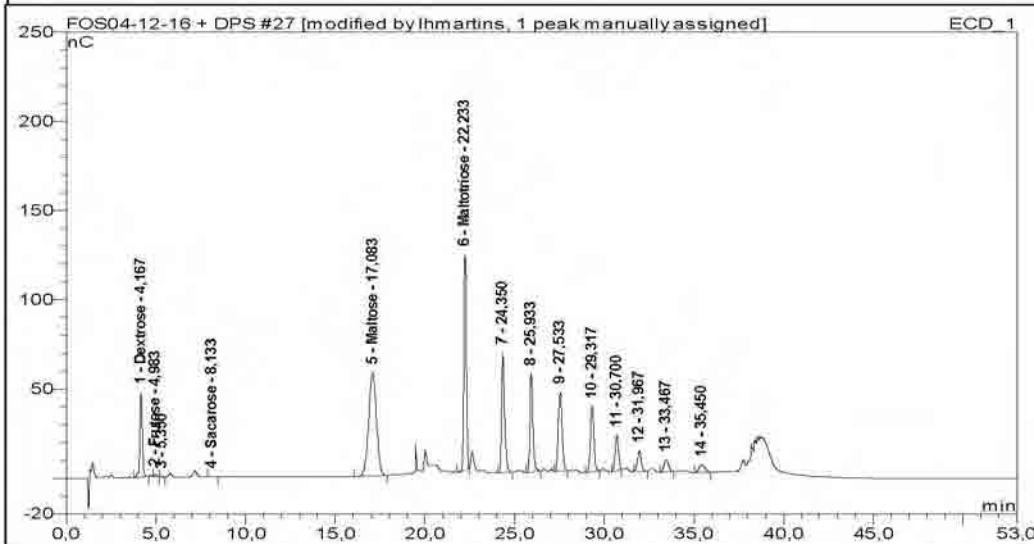


Ingredients Technology - Technical Lab.



Cromatograph Analyses Report

Sample Name:	Ração Animal - Peixe amostra 5 - Maltodextrina		
Solicitor:	Lauro Lucchesi		
Sample Type:	Ração Animal		
Control Program:	D Gradiente de acetato		
Quantif. Method:	Monosacarídeos	Dilution Factor:	1,0000 L
Recording Time:	17/12/2004 18:32	Sample Weight:	0,5155 g
Run Time (min):	53,00		



No.	Ret.Time min	Peak Name	Height nC	Area nC*min	Rel.Area %	Amount mg/L	Amount %
1	4,17	Dextrose	47,687	7,166	6,525	1,453	0,282
2	4,98	Fruktose	1,119	0,165	0,150	0,047	0,009
3	8,13	Sacarose	0,344	0,087	0,079	0,036	0,007
4	17,08	Maltose	57,845	29,238	26,624	9,600	1,862
5	22,23	Maltotriose	120,276	19,332	17,603	6,934	1,345
6	24,35	DP4	67,042	13,189	12,010	4,731	0,918
7	25,93	DP5	55,108	11,012	10,027	3,950	0,766
8	27,53	DP6	44,169	10,676	9,722	3,829	0,743
9	29,32	DP7	36,409	8,093	7,369	2,903	0,563
10	30,70	DP8	19,930	4,218	3,841	1,513	0,293
11	31,97	DP9	11,679	2,927	2,666	1,050	0,204
12	33,47	DP10	6,636	2,058	1,874	0,738	0,143
13	35,45	DP11	4,112	1,648	1,500	0,591	0,115
Total:			472,356	109,808	99,99	37,375	7,250

Analyst: Luiz Henrique Martins
Responsible: Carlos M. Shimokomaki

Chromeleon (c) Dionex 1996-2000

Operator:wpauleto Timebase:Bio600 Sequence:03-10-15

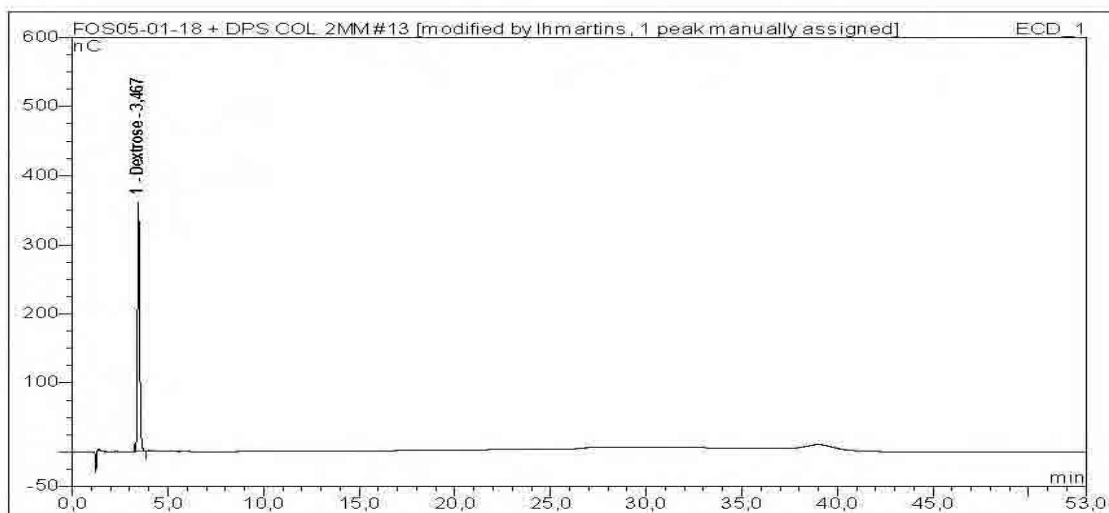
24/03/20



Ingredients Technology - Technical Lab.



Sample Name:	Ração Animal - Peixe amostra 6 - Dextrose		
Solicitor:	Lauro Lucchesi		
Sample Type:	Ração Animal		
Control Program:	Gradiente de acetato		
Quantif. Method:	Monosacarídeos	Dilution Factor(L):	0,1000
Recording Time:	20/01/2005 13:50	Sample Weight (mg):	30,8000
Run Time (min):	6,42		



No.	Ret.Time min	Peak Name	Height nC	Area nC*min	Rel.Area %	Amount mg/L	Amount %
1	3,47	Dextrose	361,267	44,994	100,00	10,8733	35,303
Total:			361,267	44,994	100,00	10,873	35,303

Chromeleon (c) Dionex

278 Ração peixe 6 rev2/Integratation

Version 6.20