Aires Manuel Pereira de Oliva Teles

Assistente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

EFEITO DA PLOIDIA E DA RELAÇÃO PROTEINA-ENERGIA DAS DIETAS NO CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO DO ALIMENTO EM TRUTA ARCO-IRIS (*Salmo gairdneri R.*).

PORTO-1988

EFEITO DA PLOIDIA E DA RELAÇÃO PROTEÍNA-ENERGIA DAS DIETAS NO CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO DO ALIMENTO EM TRUTA ARCO-ÍRIS (*Salmo gairdneri* R.).

AIRES MANUEL PEREIRA DE OLIVA TELES

Assistente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

EFEITO DA PLOIDIA E DA RELAÇÃO PROTEÍNA-ENERGIA DAS DIETAS NO CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO DO ALIMENTO EM TRUTA ARCO-ÍRIS (Salmo gairdneri R.).

Dissertação de Doutoramento em Biologia apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

PORTO - 1988

A MINHA MULHER E A MEUS PAIS

AGRADECIMENTOS

Ao concluirmos este trabalho não podemos deixar de agradecer a várias pessoas e Instituições o auxílio que nos foi prestado e que, em grande parte, contribuiu para a sua realização. Que todos, sem excepção, encontrem nestas palavras a expressão dos nossos mais sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor João Machado Cruz, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, que orientou este trabalho com toda a dedicação, interesse e saber, aqui lhe prestamos o nosso mais sincero reconhecimento.

À Professora Doutora Maria Helena Galhano, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, devemos o apoio que constantemente recebemos ao longo deste trabalho, e as muitas facilidades que nos foram concedidas no âmbito do Instituto de Zoologia e Estação de Zoologia Marítima "Dr. A. Nobre" e do Centro de Ecologia "EcP1".

Ao Dr. S.J.Kaushik, do Laboratório de Nutrição de Peixes do Institute National de la Recherche Agronomique, em St. Pée-sur-Nivelle, França, encontramo-nos profundamente reconhecidos pelo acolhimento que nos dispensou no seu laboratório. O interesse e disponibilidade com que sempre acompanhou o desenvolvimento deste trabalho, bem assim como as críticas e as sugestões que dele recebemos, em muito contribuíram para a sua concretização.

À Comissão Científica do Grupo de Zoologia-Antropologia da Faculdade de Ciências do Porto, agradecemos a possibilidade de

obtenção da situação de equiparado a bolseiro no país na fase final de elaboração deste trabalho.

À Embaixada de França, ao Instituto Nacional de Investigação Científica e à Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica agradecemos as faculdades concedidas para os estágios efectuados no Laboratório de Nutrição de Peixes do I.N.R.A., em St. Pée-sur-Nivelle, França.

A todos os colegas que, com as suas críticas, sugestões e apoio moral de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho, aqui lhes manifestamos o nosso reconhecimento.

Aos funcionários do Instituto de Zoologia e Estação de Zoologia Marítima "Dr. A.Nobre" que, pelo auxílio prestado durante a execução deste trabalho o tornou humanamente possível, aqui exprimimos o nosso profundo reconhecimento.

À Sra. D. Ilda Mateus agradecemos o empenho e cuidado com que executou todas as figuras e tabelas e dactilografou parte do manuscrito.

Por fim, é-me particularmente grato agradecer a minha mulher o estímulo, o apoio moral, o interesse e a compreensão que sempre manifestou durante a realização deste trabalho.

De acordo com o nº2 do Artigo 8º do Decreto-Lei nº388/70, utilizaram-se neste trabalho resultados já publicados em colaboração, sob o nome de AIRES OLIVA TELES, que adiante se discriminam:

KAUSHIK, S.J. & OLIVA TELES, A., 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. Aquaculture, 50:89-101.

OLIVA TELES, A. & KAUSHIK, S.J., 1987. Nitrogen and energy metabolism during the early ontogeny of diploid and triploid rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Comp. Biochem. Physiol., 87A: 157-160.

OLIVA TELES, A. & KAUSHIK, S.J., 1987. Metabolic utilization of diets by plyploid rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Comp. Biochem. Physiol., 88A: 45-47.

Em todos o autor participou na obtenção dos resultados experimentais, sua análise e discussão, bem como na redacção da sua forma publicada, sendo, no segundo, o projecto de investigação de sua total responsabilidade.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO GERAL 1

1.1. OBJECTIVOS E INTERESSE DO ESTUDO 8

2. METODOLOGIA GERAL 11

2.1. MATERIAL ANIMAL 11

2.2. TÉCNICA DE INDUÇÃO DA TRIPLOIDIA 13

2.3. ENSAIOS DE CRESCIMENTO 15

2.3.1. Instalações experimentais 15

2.3.2. Protocolo experimental 17

2.4. DETERMINAÇÕES METABÓLICAS 19

2.4.1. Instalações experimentais 19

2.4.2. Protocolo experimental 20

2.5. PREPARAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS 22

2.6. MÉTODOS ANALÍTICOS 23

2.6.1. Preparação das amostras 23

2.6.2. Humidade 26

2.6.3. Proteína bruta 27

2.6.4. Ácidos aminados 27

2.6.5. Lípidos 27

2.6.6. Cinzas 27
2.6.7. Óxido de crómio 27
2.6.8. Energia 28
2.6.9. Oxigénio 28
2.6.10. Amónia 28
2.6.11. Ureia 28
2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA 29
2.8. DEFINIÇÃO DOS TERMOS UTILIZADOS 29

PRIMEIRA PARTE. EFEITO DA TRIPLOIDIA. 33

3. EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE TRIPLOIDIZAÇÃO 35
3.1. INTRODUÇÃO 35
3.2. MATERIAL E MÉTODOS 39
3.3. RESULTADOS 41
3.4. DISCUSSÃO 42

4. UTILIZAÇÃO METABÓLICA DAS RESERVAS ENERGÉTICAS ENDÓGENAS DURANTE A EMBRIOGÉNESE 49
4.1. INTRODUÇÃO 49
4.2. MATERIAL E MÉTODOS 52
4.3. RESULTADOS 55
4.3.1. EXPERIÊNCIA 1. UTILIZAÇÃO METABÓLICA DAS RESERVAS ENERGÉTICAS ENDÓGENAS À TEMPERATURA CONSTANTE DE 12 °C. 55
4.3.1.1. Consumo de oxigénio 55
4.3.1.2. Excreção de amónia 57
4.3.1.3. Composição química 57

4.3.1.4. Utilização metabólica das reservas energéticas endógenas 59
4.3.2. EXPERIÊNCIA 2. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA UTILIZAÇÃO DAS RESERVAS ENERGÉTICAS ENDÓGENAS 63
4.3.2.1. Consumo de oxigénio 63
4.3.2.2. Excreção de amónia 65
4.3.2.3. Excreção de ureia 67
4.3.2.4. Utilização metabólica das reservas energéticas endógenas 71
4.4. DISCUSSÃO 73

5. EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE PROTEÍNAS POR LÍPIDOS NA UTILIZAÇÃO DAS DIETAS POR ALEVINS 83
5.1. INTRODUÇÃO 83
5.2. MATERIAL E MÉTODOS 85
5.3. RESULTADOS 89
5.3.1. Crescimento e utilização do alimento 89
5.3.2. Composição corporal 93
5.3.3. Consumo de oxigénio 95
5.3.4. Excreção de azoto 97
5.4. DISCUSSÃO 99

6. CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO DO ALIMENTO POR JUVENIS 105
6.1. INTRODUÇÃO 105
6.2. ENSAIOS DE CRESCIMENTO 107
6.2.1. MATERIAL E MÉTODOS 107
6.2.2. RESULTADOS 109

6.2.2.1. EXPERIÊNCIA 1. 109
6.2.2.1.1. Crescimento e utilização do alimento 109
6.2.2.1.2. Índice visceral e composição corporal 109
6.2.2.2. EXPERIÊNCIA 2. 113
6.2.2.2.1. Crescimento e utilização do alimento 113
6.2.2.2.2. Índice visceral e índice hepatossomático 113
6.2.2.2.3. Composição corporal 117
6.2.2.2.4. Digestibilidade aparente das dietas 118
6.2.3. DISCUSSÃO 118
6.3. UTILIZAÇÃO METABÓLICA DAS DIETAS 122
6.3.1. MATERIAL E MÉTODOS 122
6.3.2. RESULTADOS 125
6.3.2.1. EXPERIÊNCIA 1. 125
6.3.2.1.1. Excreção de amónia 125
6.3.2.1.2. Consumo de oxigénio 127
6.3.2.2. EXPERIÊNCIA 2. 131
6.3.2.2.1. Excreção de amónia 131
6.3.2.2.2. Consumo de oxigénio 131
6.3.2.2.3. Balanços energéticos e azotados 135
6.3.3. DISCUSSÃO 136

7. POPULAÇÕES STOCK 141
7.1. INTRODUÇÃO 141

7.2. MATERIAL E MÉTODOS 141
7.3. RESULTADOS 145
7.3.1. Crescimento no período imaturo 145
7.3.2. Crescimento no período de postura 145
7.3.3. Fenótipos sexuais 151
7.3.4. Índice visceral, hepatossomático e gonadossomático 153
7.3.5. Composição corporal na fase final de maturação sexual 155
7.4. DISCUSSÃO 155

8. CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO DO ALIMENTO POR ADULTOS NO PERÍODO DE REPOUSO SEXUAL 163
8.1. INTRODUÇÃO 163
8.2. MATERIAL E MÉTODOS 163
8.3. RESULTADOS 165
8.3.1. Crescimento e utilização do alimento 165
8.3.2. Índice visceral, hepatossomático e gonadossomático 171
8.3.3. Composição corporal 172
8.3.4. Digestibilidade aparente da dieta 173
8.4. DISCUSSÃO 173

SEGUNDA PARTE. EFEITO DA INTERACÇÃO PROTEÍNA/ENERGIA 177

9. EFEITO DA ENERGIA DIGERÍVEL NA UTILIZAÇÃO ENERGÉTICA E AZOTADA DAS DIETAS 179
9.1 INTRODUÇÃO 179

9.2. MATERIAL E MÉTODOS 181
9.3. RESULTADOS 183
9.3.1. Crescimento e utilização do alimento 183
9.3.2. Índice visceral e composição corporal 183
9.3.3. Excreção de amónia 187
9.3.4. Balanços energéticos e azotados 189
9.4. DISCUSSÃO 190

10. EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE PROTEÍNAS POR LÍPIDOS NA UTILIZAÇÃO DAS DIETAS POR JUVENIS 193
10.1.INTRODUÇÃO 193
10.2. MATERIAL E MÉTODOS 194
10.3. RESULTADOS 197
10.3.1. Crescimento e utilização do alimento 197
10.3.2. Índice hepatossomático e índice visceral 199
10.3.3. Composição corporal 199
10.3.4. Digestibilidade aparente das dietas 201
10.3.5. Excreção de amónia 201
10.3.6. Consumo de oxigénio 205
10.3.7. Balanços energéticos e azotados 207
10.4. DISCUSSÃO 208

11. EFEITO DA IDADE NA RAZÃO PROTEÍNA/ENERGIA ÓPTIMA DAS DIETAS 213
11.1. INTRODUÇÃO 213
11.2. ENSAIOS DE CRESCIMENTO 215
11.2.1. MATERIAL E MÉTODOS 215

11.2.2.RESULTADOS 219
11.2.2.1. EXPERIÊNCIA 1. 219
11.2.2.1.1. Crescimento e utilização do alimento 219
11.2.2.1.2. Índice hepatossomático e índice visceral 223
11.2.2.1.3. Composição corporal 223
11.2.2.2. EXPERIÊNCIA 2. 225
11.2.2.2.1. Crescimento e utilização do alimento 225
11.2.2.2.2. Índice hepatossomático e índice visceral 229
11.2.2.2.3. Composição corporal 229
11.2.2.3. EXPERIÊNCIA 3. 233
11.2.2.3.1. Crescimento e utilização do alimento 233
11.2.2.3.2. Índice hepatossomático e índice visceral 235
11.2.2.3.3. Composição corporal 237
11.2.2.3.4. Digestibilidade aparente das dietas 238
11.2.2.4. EXPERIÊNCIA 4. 239
11.2.2.4.1. Crescimento e utilização do alimento 239
11.2.2.4.2. Índice hepatossomático e índice visceral 242
11.2.2.4.3. Composição corporal 244
11.2.2.4.4. Digestibilidade aparente das

dietas 245
11.2.3. DISCUSSÃO 246
11.3. UTILIZAÇÃO METABÓLICA DAS DIETAS 254
11.3.1. MATERIAL E MÉTODOS 254
11.3.2. RESULTADOS 255
11.3.2.1. EXPERIÊNCIA 1. 255
11.3.2.1.1. Excreção de amónia 255
11.3.2.1.2. Consumo de oxigénio 259
11.3.2.1.3. Balanços energéticos e azotados 263
11.3.2.2. EXPERIÊNCIA 2. 265
11.3.2.2.1. Excreção de amónia 265
11.3.2.2.2. Consumo de oxigénio 269
11.3.2.2.3. Balanços energéticos e azotados 269
11.3.3. DISCUSSÃO 274

12. CONCLUSÕES GERAIS 281

13. SUMMARY 289

14. BIBLIOGRAFIA 297

1. INTRODUÇÃO GERAL

> "Life involves much more than chemical potential, work, and heat. Nutrition, especially modern nutrition, is concerned with more than the supply of energy, yet energy transfer remains an important aspect of physiology in general and of nutrition in particular."
>
> M. KLEIBER, 1961.

Os peixes são, desde longa data, explorados tradicionalmente pelo homem. Esta exploração é feita de vários modos, desde a pesca mais ou menos ordenada das populações existentes até aos sistemas de cultura integral de uma ou várias espécies.

O esgotamento das populações naturais, devido a um excesso do esforço de pesca, e ao aumento das necessidades alimentares da humanidade, fizeram com que o custo do pescado aumentasse consideravelmente nos últimos anos. Isto contribuiu para que a cultura de animais aquáticos fosse considerada com grande interesse, tendo, nas últimas décadas, a investigação e investimento em aquacultura recebido um incremento considerável (FAO, 1976, 1985; PILLAY, 1979, 1981).

Uma grande variedade de peixes são actualmente cultivados de um modo intensivo ou semi-intensivo em todo o mundo, como é o caso dos salmonídeos, dos ciprinídeos, do peixe gato e das tilápias.

Em Portugal, a aquacultura, especialmente a piscicultura, desenvolveu-se consideravelmente nos últimos anos. Das espé-

cies cultivadas no nosso país a truta arco-íris, Salmo gairdneri, é a mais importante. BROWN (1977) indica, para o ano de 1976, uma produção de cerca de 250 toneladas de trutas por ano, quase exclusivamente de truta arco-íris, produzida nas quatro pisciculturas existentes, e previu um aumento da produção de pelo menos 20 % nos dez anos seguintes.

Actualmente, a produção de truta arco-íris situa-se perto das 1000 toneladas/ano (comunicação pessoal de vários piscicultores) que são produzidas, essencialmente, em seis pisciculturas privadas. Isto significa que a produção quadruplicou relativamente ao ano de 1976, ultrapassando largamente as previsões de BROWN (1977), e prevê-se que a produção actual seja rapidamente ultrapassada.

A truticultura tem-se desenvolvido essencialmente em água doce, orientada para a produção de trutas "tamanho porção", isto é, animais com cerca de 200 a 300 g. Os primeiros ensaios de cultura de trutas de grande tamanho são relativamente recentes, mas o impacto que este novo tipo de produção está a provocar na Europa, nomeadamente na Noruega (EDWARDS, 1978), tem despertado um enorme interesse sobretudo devido à possibilidade de produção, tanto em água doce como no meio marinho, de trutas com mais de um quilo, destinadas ao consumo directo em fresco ou para processamento por fumagem e/ou filetagem (BOEUF E HARACHE, 1984; HARACHE E FAURE, 1987; FAURE, 1987).

Porém, este tipo de produção tem alguns inconvenientes, devido à necessidade de prolongar a cultura por dois ou mais anos, contra os doze a dezoito meses nas culturas convencionais. Além disso, não é possível produzir estes peixes sem passar pelo

menos por uma época de maturação sexual.

Nos salmonídeos, nesse período, grande parte da energia metabolizável é orientada para a produção de gametas. Simultaneamente observa-se uma depressão do crescimento, redução do apetite, inefeciente utilização alimentar, depreciação da qualidade da carcaça e elevada mortalidade (DONALDSON E HUNTER, 1982; THORGAARD et al., 1982; UTTER et al., 1983; BENFEY E SUTTERLIN, 1984a, b). Além disso, o valor comercial dos peixes é reduzido, devido às suas fracas características organolépticas e ao seu aspecto externo, conferido pelas características sexuais secundárias e pelo aparecimento de micoses e outros agentes patogénicos que sistematicamente ocorrem neste período (AKSNES et al., 1986; QUILLET, 1986).

Em explorações marinhas este problema é ainda agravado, pois na època de maturação sexual os peixes perdem a capacidade de osmoregulação na água salgada e sofrem grandes mortalidades se aí são mantidos (EDWARDS, 1978; BOEUF E HARACHE, 1984).

Assim, em salmonicultura, é, na prática, a maturação sexual que limita, comercialmente, o tamanho máximo dos peixes produzidos (REFSTIE, 1981).

Para que a cultura de salmonídeos de grande tamanho possa ser encarada com optimismo, a produção a nível industrial de peixes estéreis tem sido considerada a melhor solução. Deste modo será possível a cultura e comercialização dos animais em qualquer época do ano, tanto em explorações de água doce como marinhas, com o tamanho e preço mais rentáveis para o piscicultor.

Várias técnicas têm sido experimentadas para induzir a

esterilização dos salmonídeos, desde a esterilização cirúrgica, o tratamento dos embriões com radiações, a administração de hormonas esteróides em juvenis, e a manipulação genética, através da hibridação e triploidização (para uma revisão sobre o assunto ver DONALDSON E HUNTER, 1982; UTTER et al., 1983; THORGAARD, 1983; CHEVASSUS, 1986; CHOURROUT, 1986).

Dos processos indicados, alguns são difíceis de aplicar à escala comercial ou não seriam bem aceites pelos produtores e consumidores, como no caso da administração de hormonas, de que se desconhecem os efeitos posteriores e o seu metabolismo nos peixes. A hibridação inter-específica é, teoricamente, um processo adequado para a produção de animais estéreis, mas na prática tem-se verificado que, nos salmonídeos, não produz necessariamente peixes estéreis, e a viabilidade dos híbridos é muito reduzida (CHEVASSUS, 1985).

A indução do triploidismo afigura-se um processo atraente para a produção de peixes estéreis e recebeu, nos últimos anos, uma atenção especial por parte dos geneticistas. Os peixes triploides são teoricamente estéreis, pois não é possível dar-se o emparelhamento normal dos cromossomas durante a gametogénese (BENFEY E SUTTERLIN, 1984a). Além disso, expectativas de boa viabilidade de salmonídeos triploides são apoiadas pela descoberta de peixes triploides nas populações naturais. Estes têm uma aparência e tamanho normais mas não apresentam gónadas desenvolvidas (CUELLAR E UYENO, 1972; ALLEN E STANLEY, 1978; THORGAARD E GALL, 1979).

A triploidização, além de ser um processo que permite a obtenção de peixes estéreis, tem outras particularidades que a

torna interessante do ponto de vista científico e prático.

Devido à constituição do seu genoma, esperava-se que os peixes triploides tivessem um crescimento superior ao dos diploides, tal como acontece nas plantas poliploides, pois uma maior dose genética poderia afectar positivamente o produto desses mesmos genes como, por exemplo, a hormona de crescimento (NAGY, 1986). Mas, até à data, os trabalhos efectuados não têm permitido evidenciar qualquer superioridade dos salmonídeos triploides em relação ao controlo diploide, pelo menos durante o período que antecede a maturação sexual (CHEVASSUS et al., 1983; UTTER at al, 1983; BENFEY E SUTTERLIN, 1984b; LINCOLN E SCOTT, 1984; QUILLET, 1986).

O estado triploide induz também alterações na constituição celular do indivíduo. Assim, em peixes do mesmo tamanho, os triploides, além de terem uma componente genética 1,5 vezes superior à normal, apresentam uma hipertrofia celular e uma concomitante redução do número de células (SWARUP, 1959; SEZAKI et al., 1983; BENFEY E SUTTERLIN, 1984d; SMALL E BENFEY, 1987). Estas alterações, devidas ao estado poliploide, deverão por certo ter reflexos a nível fisiológico, metabólico e químico, que nos propomos avaliar.

As necessidades nutricionais dos peixes, com relevo especial para os salmonídeos, foram estudadas nas últimas décadas e revisões gerais sobre o assunto podem encontrar-se nos trabalhos de HALVER (1972), HALVER E TIEWS (1979), NRC (1981, 1983), COWEY et al. (1985), CHO et al. (1985).

Dos vários componentes das dietas, as proteínas têm recebido mais atenção que os outros devido ao seu alto nível de

incorporação e ao seu preço elevado. As dietas para peixes incorporam entre 30 e 60 % de proteínas, valor duas a quatro vezes superior ao utilizado nas rações para aves e suínos (NOSE, 1979). Por isso, as dietas para peixes tem de ser formuladas essencialmente com suplementos proteicos e, dentre eles, a farinha de peixe é considerada a melhor fonte para tal (LUQUET, 1981), por ter um perfil de ácidos aminados essenciais muito semelhante ao das proteínas do músculo, que não difere grandemente entre as várias espécies de peixes (TACON E COWEY, 1985).

As dietas comerciais para salmonídeos incorporam normalmente entre 25 e 65 % de farinha de peixe de boa qualidade, o que faz com que o seu preço dependa em grande parte do preço daquela (NOSE, 1979; JAUNCEY, 1982).

Nos últimos anos a produção mundial de farinha de peixe tem sido mais ou menos estável, mas a procura tem aumentado. Isto fez com que o seu preço também aumentasse e que nem sempre seja possível encontrar farinha de peixe com a qualidade adequada (JAUNCEY, 1982).

Numa tentativa de obviar a este problema e tentar reduzir o preço das rações, que chegam a corresponder a mais de 40 % dos custos de exploração de uma truticultura (CHO et al., 1985), vários grupos de investigadores têm-se dedicado, nos últimos anos, a tentar substituir, total ou parcialmente, a farinha de peixe das dietas por outros produtos e sub-produtos, mais baratos e mais fáceis de encontrar no mercado (LUQUET E KAUSHIK, 1978; TIEWS et al., 1979; TACON E JACKSON, 1985; GOUVEIA, 1986).

Outros orientam o seu trabalho no sentido de tentar reduzir o nível de incorporação proteica nas dietas através do

aumento da incorporação de nutrientes energéticos convencionais (hidratos de carbono e lípidos), com a finalidade de reduzir ao máximo o catabolismo proteico e melhorar assim a utilização das dietas (CHO et al., 1976; WATANABE, 1977; TAKEUCHI et al., 1978a, d; AUSTRENG E REFSTIE, 1979; BEAMISH E MEDLAND, 1986).

De um modo geral, os níveis de incorporação proteica recomendados para as dietas de salmonídeos são, em percentagem dos ingredientes digeríveis da dieta, de 50 % durante o período de adaptação ao alimento, 40 % oito semanas depois, e 35 % para peixes com um ano de idade (NRC, 1981), mas estes valores necessitam ainda de confirmação experimental (COWEY E LUQUET, 1983).

Os peixes, como de resto os outros animais, são levados a comer para satisfazer as suas necessidades energéticas (CHO E KAUSHIK, 1985). Deste modo, o nível energético das dietas influencia a quantidade de alimento ingerido pelos peixes, e a formulação de dietas com uma relação proteína/energia equilibrada é muito importante, porque um excesso ou deficiência de energia não proteica afecta a eficiência de utilização das dietas e a taxa de crescimento dos peixes.

Se as dietas forem deficientes em energia não proteica, as proteínas serão dispendidas no fornecimento da energia necessária para o metabolismo em vez de serem utilizadas para fins de crescimento. Do modo inverso, se as dietas contiverem um excesso de energia não proteica, o apetite pode ser saciado antes da ingestão de uma quantidade de proteínas suficiente para satisfazer as necessidades de crescimento, e o excesso de energia fornecida será depositada sob a forma de gordura nas carcaças, alterando as suas características organolépticas (NOSE, 1979;

CHO et al., 1985).

Deste modo, a formulação de rações é, na prática, um compromisso entre o estabelecimento do nível proteico que permita um crescimento adequado com o menor desperdício de proteínas para a satisfação das necessidades energéticas, e o estabelecimento de um nível energético que permita um crescimento rápido mas sem provocar alterações importantes na qualidade das carcaças (COWEY, 1979). Daí que o ajustamento adequado da relação proteína/energia nas dietas permitirá melhorar o rendimento da utilização proteica para fins de crescimento (LUQUET E KAUSHIK, 1979; STEFFENS,1981).

1.1. OBJECTIVOS E INTERESSE DO ESTUDO

No trabalho que passamos a expor é nosso objectivo contribuir para aprofundar o conhecimento do efeito da triploidia e da variação da relação proteína / energia das dietas, ao longo do ciclo de vida da truta arco-íris, Salmo gairdneri.

Na PRIMEIRA PARTE comparámos, em relação a um controlo diploide, o efeito da triploidia no crescimento, utilização do alimento e metabolismo, em diversas fases do ciclo de vida da truta arco-íris.

Nas experiências realizadas em cada uma dessas fases utilizámos indivíduos das duas ploidias com a mesma idade e pesos idênticos. Assim fazendo procurámos eliminar eventuais diferenças entre as duas ploidias que tivessem ocorrido em estados anteriores do ciclo de vida e, desse modo, caracterizar mais precisamente o efeito da ploidia em cada um dos períodos conside-

rados.

Na SEGUNDA PARTE descrevemos algumas experiências realizadas no sentido de estudar alguns aspectos da relação proteína-energia das dietas e estabelecer a razão proteína/energia óptima nas dietas para trutas arco-íris de pesos compreendidos no intervalo de pesos normalmente existente nas truticulturas convencionais.

O tipo de aproximação utilizada neste trabalho foi simultaneamente zootécnica e metabólica. Deste modo pretendemos ultrapassar algumas das limitações dos testes zootécnicos clássicos. Ao passo que estes avaliam essencialmente a resposta global do organismo ao alimento fornecido, através da análise do crescimento e de vários critérios de avaliação da utilização do alimento, tais como o índice de conversão alimentar, o índice de eficiência proteica e a retenção azotada, os estudos metabólicos permitem obter informações intercalares complementares como, por exemplo, a energia metabolizável, a acção dinâmica específica, e as necessidades de manutenção.

O estudo que empreendemos parece-nos importante por vários motivos, tanto de ordem fundamental como aplicada.

Por um lado, a comparação ao longo do ciclo de vida de dois "modelos" biológicos semelhantes mas diferindo quantitativamente no seu genoma: diploides, 2n, e triploides, 3n, é interessante no aspecto científico, ao permitir estudar as diferenças fisiológicas induzidas pelo estado triploide, e importante do ponto de vista prático, ao permitir elucidar melhor o efeito da triploidia em vários aspectos zootécnicos, e fornecer bases con-

cretas para a avaliação do interesse ou desvantagem da utilização de trutas triploides na optimização das produções.

Por outro lado, o estudo da relação proteico-energética das dietas que nos propomos efectuar contribuirá para clarificar as bases nutricionais das necessidades proteicas e energéticas e estabelecer eventuais diferenças com a idade.

Como consequência prática imediata, será possível ajustar adequadamente o nível proteico nas dietas e diminuir, deste modo, o desperdício de proteínas para fins energéticos e também diminuir a poluição das águas com o produto da sua excreção. Além disso, sendo as proteínas um dos componentes mais caros das dietas, o conhecimento dos dados que nos propomos obter poderá contribuir para uma maior economia das dietas administradas.

2. METODOLOGIA GERAL

2.1. MATERIAL ANIMAL

Todas as experiências foram realizadas com trutas arco-íris, Salmo gairdneri.

Nas experiências efectuadas com trutas triploides, tanto estas como as diploides foram retiradas de populações stock diploide e triploide, estabuladas na Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada (figura 1).

Nas outras experiências utilizaram-se trutas arco-íris obtidas em pisciculturas comerciais com o peso e em número pretendidos.

Neste caso, o transporte das trutas era efectuado em tanques de 200 l, onde a água era continuamente arejada com o auxílio de bombas de ar providas de pedras difusoras. A duração das viagens era sempre inferior a cinco horas e a mortalidade quase nula.

Chegados às instalações experimentais, na albufeira da Caniçada, as trutas eram transferidas para uma jaula flutuante onde se deixavam adaptar às condições ambientais durante uma a duas semanas. Durante este intervalo de tempo as trutas eram alimentadas à saciedade com uma dieta comercial.

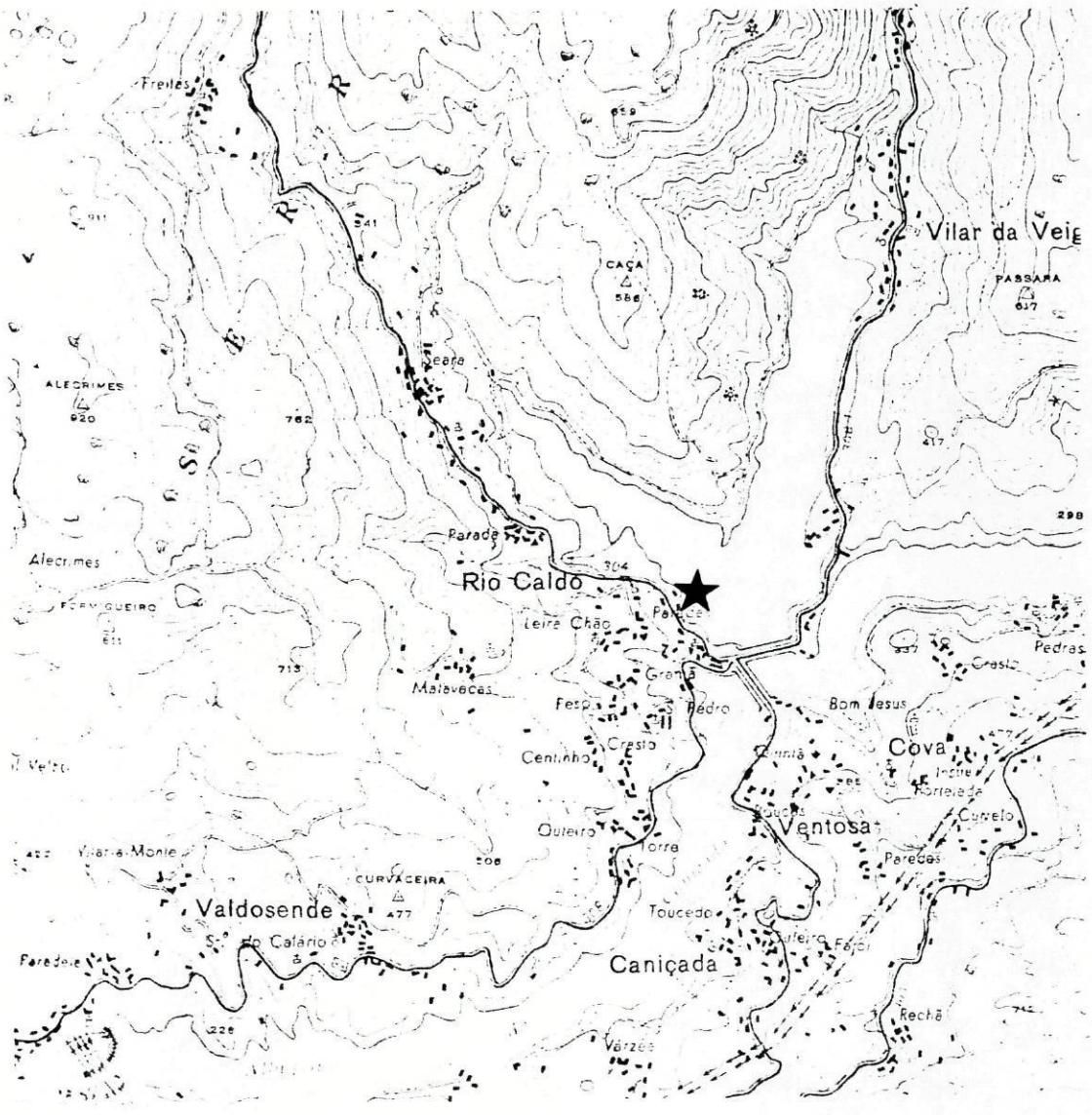


Figura 1. Localização da Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada.

2.2. TÉCNICA DE INDUÇÃO DA TRIPLOIDIA

A indução da triploidia foi efectuada por um tratamento térmico a quente, segundo a técnica descrita por CHOURROUT E QUILLET (1982), que foi testada e aperfeiçoada na Estação Experimental de Aquacultura por ALMEIDA (1986), e que passamos a descrever.

Os produtos sexuais foram obtidos por pressão abdominal dos peixes reprodutores estabulados na Estação Experimental de Aquacultura. Os óvulos e esperma mantiveram-se separados em caixas térmicas, até ao momento da fecundação, aproximadamente 30 minutos depois.

A fecundação consistiu em misturar os produtos sexuais e uma solução diluente nas seguintes proporções: 100 ml de óvulos, 1,5 ml de esperma e 50 ml da solução diluente tamponada (BILLARD, 1974). A mistura foi deixada em repouso durante 10 minutos; em seguida lavaram-se os ovos, e colocaram-se no sistema de incubação, à temperatura ambiente de 9,5 - 10,5 °C.

A triploidia foi induzida em cerca de metade destes ovos que para o efeito foram transferidos, 25 minutos depois da fecundação (tempo 0), para um banho maria regulado para a temperatura de 28 °C, onde se mantiveram durante 20 minutos. De seguida foram novamente colocados no sistema de incubação, onde se processou o seu desenvolvimento embrionário.

Figura 2. Tanques de incubação e alevinagem.

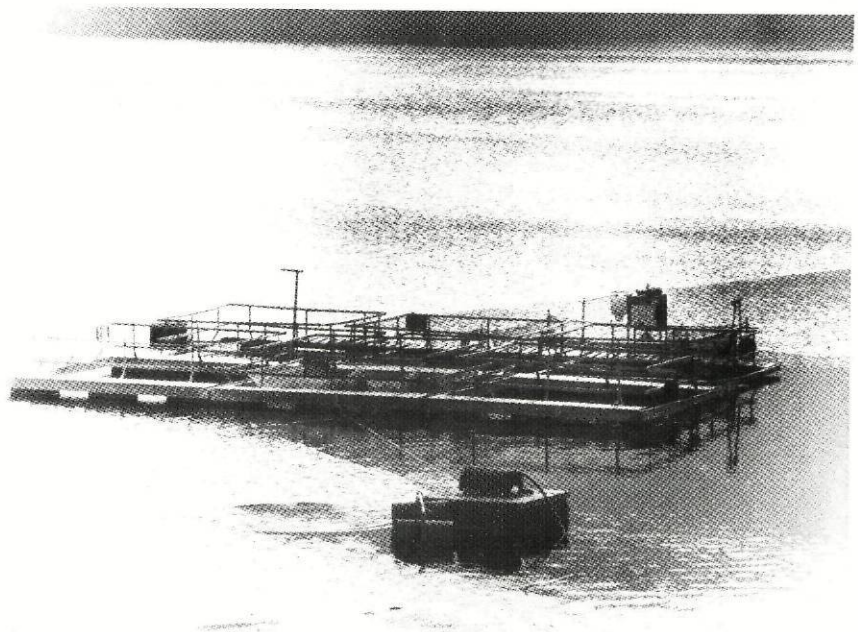


Figura 3. Jaulas flutuantes.

2.3. ENSAIOS DE CRESCIMENTO

2.3.1. Instalações experimentais

Salvo indicação em contrário, os ensaios de crescimento decorreram na Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada.

Esta unidade experimental é formada por instalações em terra, constituídas por um edifício e pelos terrenos anexos, e por um conjunto de jaulas flutuantes, nas águas da albufeira.

As instalações em terra são formadas por um laboratório, uma sala equipada com tanques de incubação e alevinagem, e por uma série de tanques de cultura, nos terrenos anexos.

Os tanques de incubação e alevinagem são em número de oito, construídos em fibra de vidro, e têm as seguintes dimensões: 200 x 43 x 25 cm, e em cada um deles podem ajustar-se 4 tabuleiros de incubação com as seguintes dimensões: 46 x 43 x 13 cm (figura 2). A água aí utilizada, em sistema aberto, provém das águas da albufeira e não é pré-tratada.

As jaulas flutuantes, em número de seis, são estruturas de 4 x 4 m, equipadas com flutuadores fixos sob duas plataformas de serviço (figura 3). Nestas estruturas podem-se adaptar redes de dimensão e malha variável com a carga e o tamanho dos peixes. As jaulas flutuantes estão unidas entre si e ancoradas ao fundo da albufeira em três pontos e à margem em dois pontos. O conjunto situa-se numa reentrância da albufeira, com profundidade média superior a 10 metros, e dista das instalações em terra cerca de 100 metros. O acesso faz-se por barco a remos.

Os ensaios de crescimento realizaram-se, na sua maior parte, em pequenas jaulas flutuantes (figura 4) construidas em madeira e envolvidas por uma rede plástica com malha de 0,5 cm e que tinham as seguintes dimensões: 150 x 65 x 65 cm, e 550 l de volume útil, ou 100 x 50 x 50 cm, e 200 l de volume útil.

Estas pequenas jaulas flutuantes estão equipadas com flutuadores de esferovite e uma tampa com um pequeno orifício central por onde se processa a distribuição do alimento. No início das experiências fixavam-se,por uma ordem determinada, em redor de uma das jaulas flutuantes maiores, que lhes servia de ancoradouro.

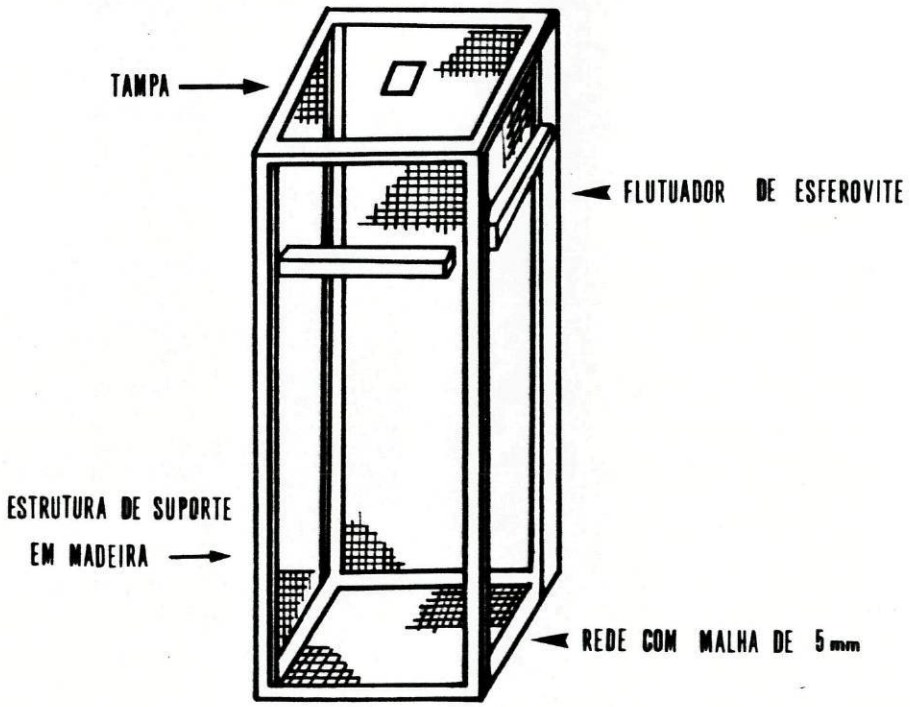


Figura 4. Esquema das jaulas flutuantes onde decorreram os ensaios de crescimento.

2.3.2. Protocolo experimental

Todas as trutas utilizadas em cada uma das experiências provinham de um stock de peixes comum.

No início da experiência retiravam-se trutas desse stock, anestesiavam-se numa solução de 0,3 mg/l de éter monofenílico etileno glicol (MERK), secavam-se num pano de flanela, pesavam-se individualmente com a precisão de 0,1 g, e distribuiam-se pelos vários lotes experimentais em número fixo, mas variável conforme os ensaios. Os lotes experimentais eram constituidos da forma mais homogénea possivel (CASTELL E TIEWS, 1980). De cada grupo experimental formavam-se dois ou três replicados, conforme a experiência.

Antes do início da experiência, efectuava-se uma análise de variância de modo a confirmar que os lotes experimentais não diferiam estatisticamente entre si.

No início da experiência retiravam-se 4 a 10 peixes do stock inicial de peixes, que se sacrificavam e congelavam a -20 °C para análise química posterior. Sacrificavam-se ainda outros 4 peixes do mesmo stock para determinar, no local, os índices visceral, hepatossomático e gonadossomático.

Quinzenalmente os peixes de cada lote eram anestesiados, contados e pesados em grupo, e recalculava-se, nessa altura, o alimento a distribuir na quinzena seguinte.

O alimento era distribuido em partes iguais, duas ou três vezes ao dia, conforme os ensaios, todos os dias da semana, excepto no dia em que se efectuavam as pesagens.

No fim da experiência, os peixes de cada lote eram

1- Tanques de metabolismo
2- Cobertura em esferovite c/ zona central em acrílico
3- Tubo de entrada de água c/ regulador de fluxo
4- Tubo de nível
5- Filtro (argila expandida)
6- Bomba centrífuga
7- Tanque gravimétrico
8- Canal efluente
9- Entrada de água de renovação

A- Local de recolha de água para análise
B- Válvula pneumática de 6 posições
C- Bomba peristáltica
D- "Manifold" de amónia
E- Colorímetro
F- Registador
G- Eléctrodo de oxigénio

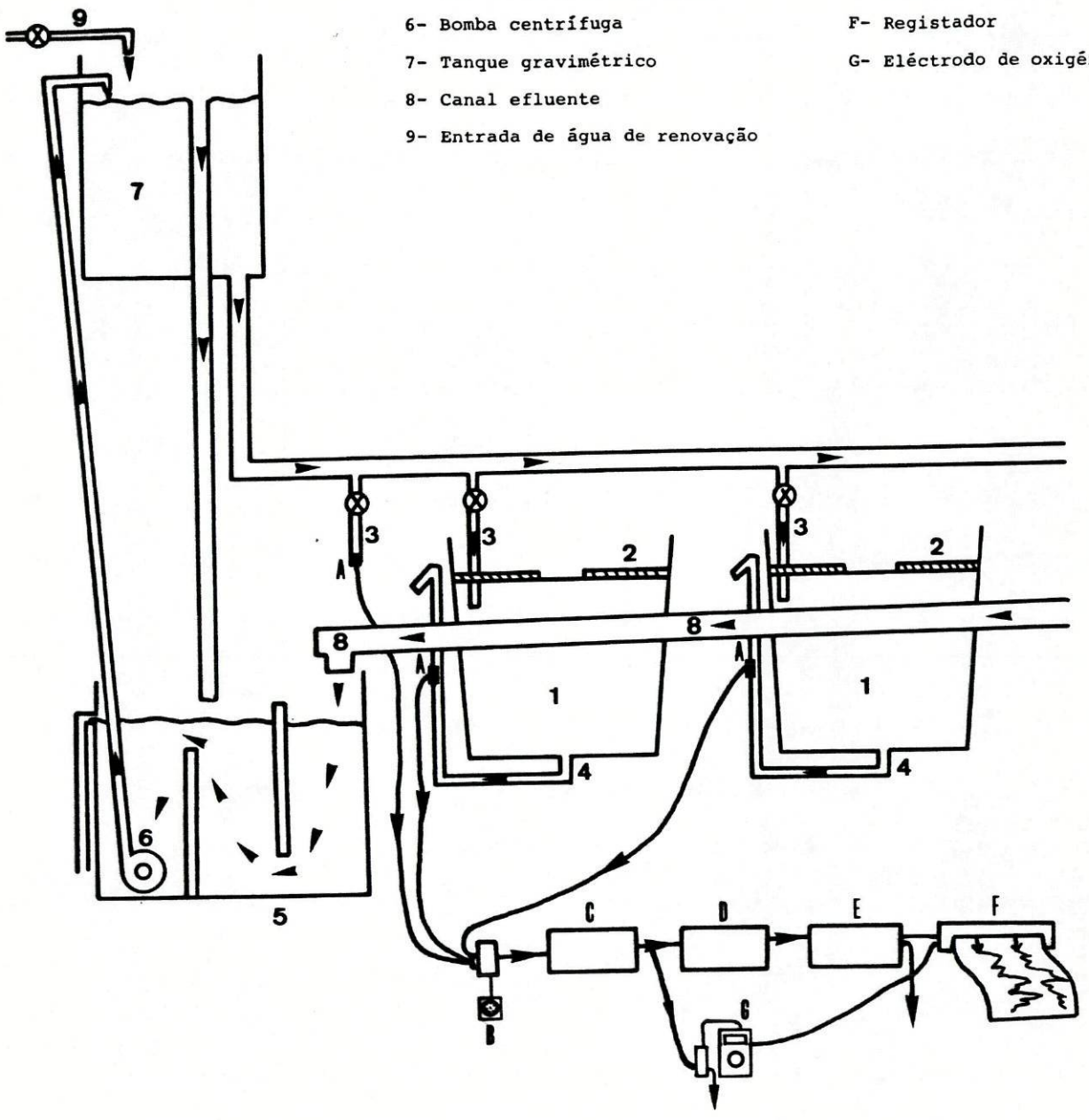


Figura 5. Esquema do sistema de recirculação de água usado nos ensaios de metabolismo.

anestesiados, contados, secos em pano de flanela e pesados individualmente com a precisão de 0,1 g. Sacrificavam-se então 4 a 10 peixes de cada lote, que eram imediatamente congelados e guardados, para análise química posterior. Noutros 4 peixes de cada lote procedia-se, no local, à determinação dos índices visceral, hepatossomático e gonadosssomático, e procedia-se a um exame macroscópico do seu aspecto interno.

Nas experiências em que se procedeu à determinação da digestibilidade aparente das dietas, as fezes eram recolhidas no fim da experiência, e no dia de pesagem imediatamente anterior, por compressão do tubo digestivo desde as barbatanas posteriores até ao ânus (AUSTRENG, 1978a), em peixes previamente anestesiados e secos em pano de flanela. As fezes dos peixes de cada lote eram misturadas e congeladas, para análise química posterior.

2.4. DETERMINAÇÕES METABÓLICAS

2.4.1. Instalações experimentais

As determinações metabólicas foram efectuadas, na sua maior parte, no sistema termoregulável de recirculação de água, nas instalações do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", no Porto (figura 5).

Neste sistema podem adaptar-se quatro tanques. Estes eram opacos, de volume variável, conforme o tamanho dos peixes, sendo uns cilíndricos, de 25, 40 ou 60 l, e outros rectângulares, de 10 l. O débito de água em cada tanque era regulado de modo a

permitir cerca de três renovações horárias. À saída de cada tanque, a concentração de oxigénio dissolvido nunca era inferior a 5,5 mg/l e a concentração de amónia era sempre inferior a 0,5 mg/l.

Para evitar as trocas gasosas com a atmosfera, os tanques cobriam-se, à superfície da água, com uma placa de esferovite ajustada ao bordo dos tanques. Esta placa possuía uma parte central, em acrílico transparente, que permitia a passagem de luz e possibilitava a observação dos peixes. Na placa de esferovite abriu-se um orifício por onde se introduzia o tubo de entrada de água e o alimento.

Os peixes estavam submetidos a um fotoperíodo constante de 24 horas de luz, que provou ser o mais apropriado para evitar o stress causado pelas alterações bruscas de luminosidade.

A sala onde se encontrava o sistema de recirculação de água era climatizada, o que permitia regular a temperatura da água no sistema. Excepto onde indicado o contrário, as determinações metabólicas foram realizadas à temperatura constante de 19 + 0,5 °C.

2.4.2. Protocolo experimental

Os peixes utilizados nestas experiências eram anestesiados, pesados individualmente com a precisão de 0,1 g, e distribuidos pelos tanques experimentais, que eram de imediato cobertos.

A adaptação às condições experimentais durava pelo menos uma semana e, durante esse período, os peixes eram alimentados uma vez ao dia, de manhã, sempre à mesma hora.

Terminada a fase de aclimatação, doseava-se a excreção de amónia e o consumo de oxigénio pós-prandiais durante três dias consecutivos. Os peixes eram em seguida privados de alimento durante 5 a 7 dias e doseava-se então, nos peixes em jejum, o consumo de oxigénio e a excreção de amónia ao longo de um ciclo diário.

O consumo de oxigénio e a excreção de amónia eram habitualmente doseados em contínuo, automaticamente, durante 23 horas consecutivas e, após um intervalo de 1 hora em que se procedia à limpeza e calibração dos aparelhos, dava-se novamente início ao ciclo de doseamentos. Porém, em algumas experiências, o consumo de oxigénio e/ou a excreção de amónia foram doseados manualmente, oito vezes ao dia, de duas em duas horas, com início no momento da distribuição do alimento.

Nas análises em contínuo (figura 5), a recolha de água à saída de cada tanque experimental era efectuada através de uma válvula pneumática de 6 posições (RHEODYNE 5012P), cujo funcionamento era regulado por um temporizador. Em cada período de 30 minutos, a água do efluente de cada tanque era doseada durante 5 minutos consecutivos e, entre cada dois tanques, doseava-se a água do afluente durante o mesmo espaço de tempo. A amónia dissolvida na água era então doseada através de um autoanalizador CHEMLAB e o oxigénio dissolvido na água era doseado com um eléctrodo potenciométrico de oxigénio WTW OXI 91, sendo os valores das determinações transcritos para um registador.

Nas análises manuais recolhiam-se as amostras de água para análise do afluente e efluente de cada tanque nos tempos indicados. O oxigénio dissolvido era então doseado com um

eléctrodo potenciométrico de oxigénio ou quimicamente, pelo método de WINKLER. As amostras de água para doseamento de amónia eram imediatamente congeladas a -20 °C e doseadas posteriormente através do autoanalizador.

A excreção de amónia e o consumo de oxigénio num tempo determinado eram calculados como segue:

$$C=(((C2-C1)xV)+((C2+C1)/2)xF)/W$$

em que:

C - Excreção de azoto ou consumo de oxigénio (mg/Kg/hora)

C2 e C1 - Excreção de azoto ou consumo de oxigénio, respectivamente nos tempos 2 e 1 (em mg)

V - volume do tanque (em litros)

F - fluxo por unidade de tempo (horas)

W - peso de peixes no tanque (em Kg).

2.5. PREPARAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Para uma maior facilidade de exposição, a composição das dietas experimentais indica-se nos capítulos respectivos. A sua preparação foi, contudo, sempre idêntica e descreve-se de seguida.

Após pesagem individual de todos os componentes da dieta com uma precisão de 0,01 g procedia-se à sua mistura e granulação numa misturadora e granuladora laboratorial ALEXANDER-WERK GKM.

Em primeiro lugar misturavam-se os componentes secos e, de seguida, adicionava-se o óleo, ao qual previamente se

misturavam as vitaminas lipossolúveis e um antioxidante (BHT, Butylated hydroxitoluene), de modo a obter-se uma concentração final deste de 150 mg/Kg de dieta. Em último lugar adicionava-se 20 a 30 % de água, de modo a conseguir-se uma mistura coesa que se passava pela granuladora, através de matrizes de 1, 3 ou 5 mm, conforme pretendido.

Os granulados eram então secos numa estufa com ventilação, à temperatura de 35 °C, até conterem menos de 10 % de humidade. De seguida peneiravam-se por crivos de malha adequada, de modo a obter-se um granulado de tamanho uniforme e livre de poeiras. Estes eram então armazenados numa câmara frigorífica a 0 - 4 °C, até serem utilizados.

Na tabela 1 indicamos a composição do complexo mineral (TACON E BEVERIDGE, 1982) e na tabela 2 a composição do complexo vitamínico (NRC, 1981) utilizados.

2.6. MÉTODOS ANALÍTICOS

2.6.1. Preparação das amostras

De cada dieta utilizada retiravam-se duas amostras que se moíam num triturador MOULINEX até terem uma granulimetria inferior a 1 mm. As amostras eram então guardadas em frascos de vidro com rolha de borracha, para análise química posterior.

Os peixes a analisar eram descongelados à temperatura ambiente, limpos em pano de flanela, pesados individualmente e secos numa estufa. Depois de secos eram novamente pesados, para

Tabela 1. Composição do complexo mineral (TACON & BEVERIDGE, 1982).

MINERAL	mg/kg DE DIETA
$MgSO_4.7H_2O$	5100
KCl	2000
NaCl	2400
$FeSO_4.7H_2O$	1000
$ZnSO_4.7H_2O$	220
$CuSO_4.5H_2O$	31,4
$MnSO_4.4H_2O$	101,5
$CoSO_4.4H_2O$	19,1
$Ca(IO_3)_2.6H_2O$	11,8
$CrCl_3.6H_2O$	51

Tabela 2. Composição do complexo vitamínico (NRC, 1981).

VITAMINA	mg/kg DE DIETA
A	12000 U.I.(1)
D_3	2400 U.I.
α-Tocoferol (acetato)	60
Menadiona (K_3)	30
Tiamina HCl	20
Riboflavina	35
Piridoxina HCl	10
B_{12}	0,05
Ácido ascórbico	134
Ácido fólico	5
Ácido nicotínico	100
Pantotenato de cálcio	50
Inositol	400
Cloreto de colina	600
Biotina	1

(1) Unidades internacionais.

determinar o seu teor em água. Em seguida moíam-se num triturador MOULINEX, individualmente, ou em grupos de dois ou cinco, conforme o seu tamanho, até terem uma granulimetria inferior a 1 mm. Guardavam-se então em frascos de vidro com rolha de borracha, para posterior análise química. De cada replicado experimental, bem como nos peixes retirados no início da experiência, constituíam-se duas sub-amostras de dois ou cinco peixes cada, dependendo do seu tamanho.

As fezes de cada lote experimental eram secas, trituradas num almofariz e guardadas em frascos de vidro com rolha de borracha, para análise química posterior.

Todas as análises químicas foram efectuadas em duplicado. Assim, nas dietas, os valores das análises químicas são a média de quatro determinações. Os valores da composição química das trutas no início das experiências são também a média de quatro determinações, enquanto que, no fim da experiência, os valores da composição química das trutas de cada grupo experimental são a média de oito ou doze determinações, respectivamente nas experiências realizadas com duplicados ou com triplicados. Os valores de digestibilidade aparente das dietas são a média de quatro ou seis determinações, respectivamente nas experiências realizadas com duplicados ou triplicados de cada grupo.

2.6.2. Humidade

Foi determinada pela diferença de peso das amostras secas na estufa a 105 °C, até peso constante.

2.6.3. Proteína bruta

Foi determinada pelo método de KJELDAHL em amostras de 200 mg (MUNRO E FLECK, 1969). A proteína bruta foi calculada multiplicando o conteúdo em azoto pelo valor empírico de 6,25.

2.6.4. Ácidos aminados

Foram determinados num cromatógrafo em fase líquida de alta resolução (HPLC) VARIAN 5000 , pela técnica descrita por HOGAN et al.(1982).

2.6.5. Lípidos

Foram determinados pela técnica de FOLCH et al. (1957) em amostras de 200 mg.

2.6.6. Cinzas

Foram determinadas por incineração das amostras numa mufla a 450 °C, durante 8 horas.

2.6.7. Óxido de crómio

Foi determinado pelo método de digestão ácida descrito por FURUKAWA E TSUKANARA (1966) em amostras de 50 a 100 mg.

2.6.8. Energia

Foi determinada por combustão directa de 10 a 20 mg de amostra numa microbomba calorimétrica tipo PHILLIPSON (1964).

O aparelho foi previamente calibrado com ácido benzóico e o valor calórico foi convertido em joules pela aplicação do seguinte factor de conversão: 1 cal = 4.1814 joules.

2.6.9. Oxigénio

O oxigénio dissolvido na água foi doseado quimicamente pelo método de WINKLER (STRICKLAND E PARSONS, 1972) ou com um eléctrodo potenciométrico de oxigénio com ajuste automático de temperatura, WTW OXI 91.

2.6.10. Amónia

A amónia dissolvida na água foi doseada num autoanalizador CHEMLAB pelo método de KOROLEFF, automatizado para funcionar num autoanalizador por TREGUER E LE CORRE (1975).

2.6.11. Ureia

A ureia dissolvida na água foi doseada num autoanalizador CHEMLAB pelo método automático descrito por AMINOT E KEROUEL (1982).

2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram tratados pelos métodos estatísticos convencionais (SOKAL E ROHLF, 1981). Após análise de variância, as diferenças entre as médias foram calculadas pela aplicação do teste de comparação múltipla entre médias de DUNCAN (DUNCAN, 1955).

2.8. DEFINIÇÃO DE TERMOS UTILIZADOS

Índice de conversão alimentar =

alimento ingerido (em peso seco) / ganho de peso fresco

Índice de eficiência proteica =

ganho de peso fresco / proteína ingerida

Índice de crescimento específico (α, em %)

$\alpha = ((\ln pf - \ln pi) : t) \times 100$

em que: pf= peso final; pi= peso inicial; t= tempo em dias

Ganho de peso diário (g/Kg/dia) =

ganho de peso fresco / (peso fresco inicial x dias)

Índice hepatossomático (em %) =

(peso fresco do fígado / peso fresco do peixe inteiro) x 100

Índice visceral (em %) =

(peso fresco das vísceras / peso fresco do peixe inteiro) x 100

Índice gonadossomático (em %) =

(peso freco das gónadas / peso fresco do peixe inteiro) x 100

Rendimento da carcaça (em %) =

(peso fresco do peixe eviscerado/ peso fresco do peixe inteiro) x 100

Digestibilidade aparente (%) =

100 - (100 x ((% ID : % IF) x (% NF : % ND)))

em que: I= indicador (Cr_2O_3); N= nutriente; D= dieta; F= fezes

Retenção energética (RE, em % da energia ingerida)

RE= ((EI - (EF+(U+B)E+PC))/ EI) x 100

ou,

RE= (ganho de energia corporal / EI) x 100

em que: EI= energia ingerida; EF= energia perdida nas fezes; (U+B)E= perdas de energia urinária e branquial; PC= produção de calor

Produção de calor e acção dinâmica específica (SDA)

Estes valores foram estimados indirectamente, através do consumo de oxigénio, pela aplicação do seguinte

coeficiente oxienergético: 14,1 J/mg de oxigénio (ELLIOTT E DAVISON, 1975).

Perdas de energia urinária e branquial (U+B)E

Foram estimadas a partir da excreção de azoto amoniacal, considerando que a energia perdida por 1 mg de N.NH4 equivale a 24,8 Joules (ELLIOTT E DAVISON, 1975).

Retenção azotada (RN, em % do azoto ingerido)

$$RN = ((NI - (NF + (U+B)N) / NI)) \times 100$$

ou,

$$RN = (\text{ganho de azoto corporal} / NI) \times 100$$

em que: NI= azoto ingerido; NF= perdas de azoto fecal; (U+B)N= perdas de azoto urinário e branquial

Quociente de amónia (A.Q., ammonia quotient, KUTTY, 1978)

A.Q.= moles de azoto amoniacal excretado / moles de oxigénio consumido.

A percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético foi estimada a partir do A.Q. considerando que o metabolismo aeróbico total de proteínas equivale a um A.Q. de 0,33 (KUTTY, 1978).

PRIMEIRA PARTE.

EFEITO DA TRIPLOIDIA.

3. EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE TRIPLOIDIZAÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

Antes de se poder empreender um estudo comparativo entre animais diploides e triploides é, evidentemente, necessário obter uma população triploide.

A produção de peixes triploides é, actualmente, conseguida por duas vias: indução do triploidismo em embriões diploides, através de um tratamento físico ou químico apropriado, ou pelo cruzamento de peixes tetraploides com peixes diploides.

A produção de salmonídeos tetraploides é possível mas apresenta algumas limitações, já que a sua viabilidade é muito reduzida (THORGAARD, 1983; CHOURROUT, 1986) e, até agora, só a fertilidade dos machos foi confirmada (CHOURROUT et al., 1986). Além disso, a fecundação de óvulos haploides com o esperma de machos tetraploides ocasiona taxas de fertilização reduzidas devido à dificuldade dos espermatozóides penetrarem no micrópilo do óvulo, por terem uma cabeça quase com o dobro do volume normal, em consequência de possuirem o dobro do material genético habitual (CHOURROUT et al., 1986). A necessidade de manter um stock de reprodutores tetraploides é mais uma limitação para o emprego em grande escala deste método (UTTER et al., 1983).

A indução da triploidia consiste na retenção do segundo glóbulo polar dos óvulos, devido à desnaturação das proteínas do fuso acromático provocada por agentes físicos ou químicos aplica-

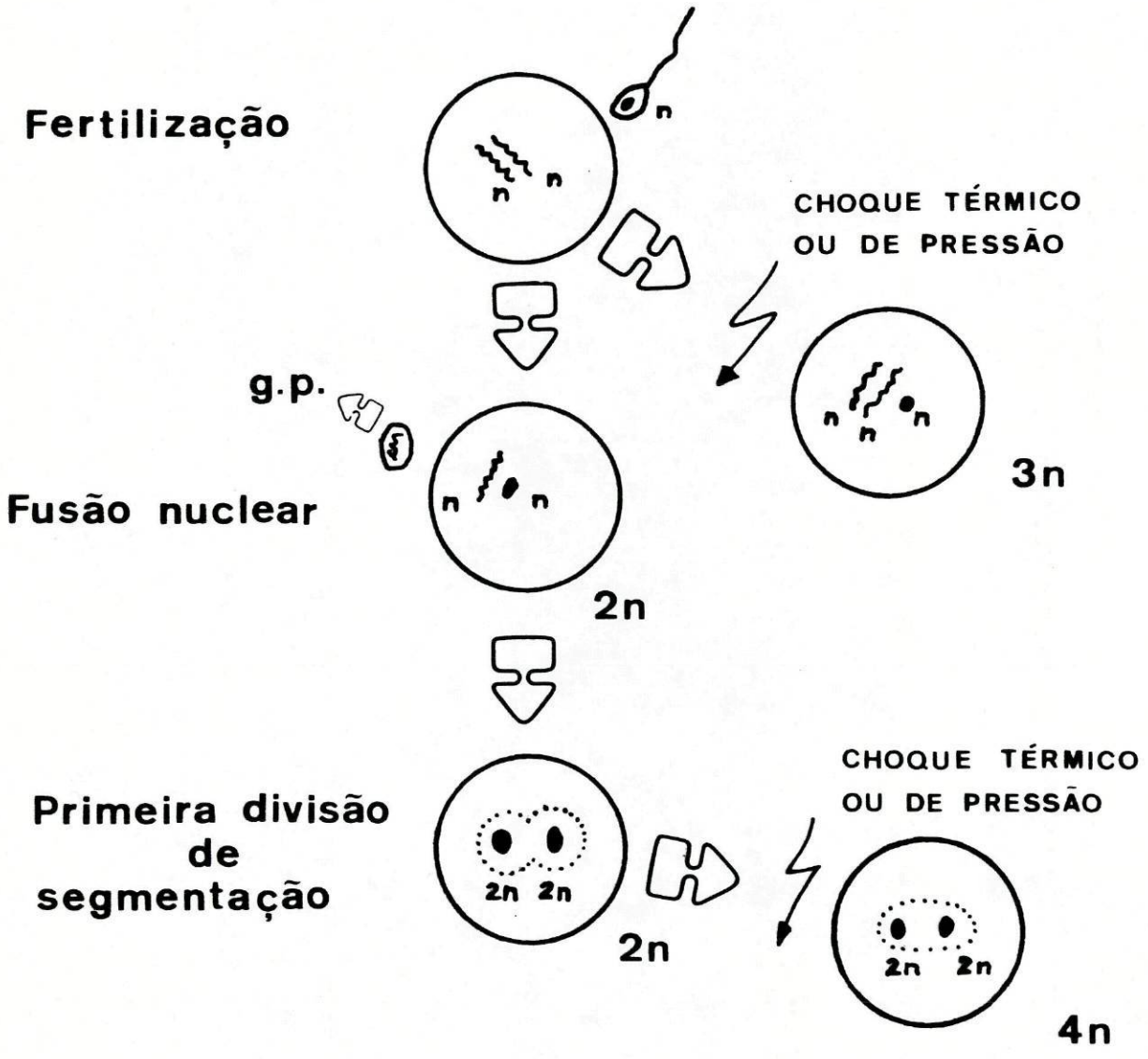


Figura 6. Indução de triploidia e tetraploidia por intervenção citológica nos ovos.

dos no momento adequado (figura 6).

Nos salmonídeos, a aplicação de choques térmicos ou de pressão são os tratamentos que têm mostrado melhores resultados na indução da triploidia (CHOURROUT, 1986; NAGY, 1986) mas, apesar da eficácia dos choques de pressão, estes não são fáceis de aplicar à escala industrial devido ao elevado custo da aparelhagem e à sua pequena capacidade. Pelo contrário, a aplicação de choques térmicos não requer material sofisticado e pode envolver grandes quantidades de ovos sendo, por isso, mais fácil de utilizar em qualquer piscicultura (CHEVASSUS et al., 1983).

A aplicação de choques térmicos a quente, a temperaturas compreendidas entre os 26 e os 32 °C , é a técnica utilizada com o maior sucesso para induzir a triploidia em várias espécies de salmonídeos (tabela 3). Se bem que possível, a indução do triploidismo pela aplicação de choques frios a temperaturas subletais, próximas dos 0 °C, não foi ainda optimizada.

Na truta arco-íris, Salmo gairdneri, os choques quentes são, de um modo geral, bastante eficazes se forem aplicados a temperaturas moderadas (26 - 29 °C), com início no intervalo de tempo compreendido entre a fecundação e 30 minutos depois, e tiverem a duração de 10 a 20 minutos (CHOURROUT, 1986).

Neste capítulo, apresentamos os resultados comparados de sobrevivência dos ovos e alevins vesiculados das populações stock diploide e triploide de truta arco-íris, desde a fecundação até à fase de adaptação ao alimento. Avaliamos ainda a eficiência do tratamento de triploidização e indicamos a percentagem de trutas triploides obtidas, que foram confirmadas como tal pela determinação dos cariótipos em embriões e, posteriormente,

Tabela 3. Eficiência do choque térmico na indução da triploidia em várias espécies de salmonídeos.

TRATAMENTO TÉRMICO			% TRIPLOIDES	DETERMINAÇÃO DA PLOIDIA	ESPÉCIE	REFERÊNCIAS
TEMPERATURA (oC)	INÍCIO DA APLICAÇÃO (min)	DURAÇÃO (minutos)				
26	25	20	100	cariologia em embriões	*Salmo gairdneri*	CHOURROUT & QUILLET, 1982
27-28	0-45	15	100	volume nuclear de eritrócitos em juvenis de 5 meses	" "	LINCOLN & SCOTT, 1983
26	1	10	83	citometria de fluxo, juvenis de 8 meses	" "	SOLAR *et al.*, 1984
26	40	10	90	citometria de fluxo, juvenis de 8 meses	" "	" " "
28	40	10	100	citometria de fluxo, juvenis de 8 meses	" "	" " "
26	25	20	80	cariologia em embriões	" "	ALMEIDA, 1986
28	25	20	90	" " "	" "	" "
32	5-15	5	100	volume de eritrócitos em alevins	*Salmo salar*	BENFEY & SUTTERLIN, 1984a
28	0	10	96	densitometria, em alevins	" "	JOHNSTONE, 1985
30	10-20	10	100	" " "	" "	" "
32	20	4	96	" " "	" "	" "
28-30	10	10	57	citometria de fluxo em embriões	*Oncorhynchus gorbusha*	UTTER *et al.*, 1983
28-30	10	10	85	" " " " "	*O. Kisutch*	" " "
29	5-15	10	90	cariologia em embriões	*S. trutta*	ARAI & WILKINS, 1987

por determinação do volume nuclear dos eritrócitos em juvenis e adultos.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

A fecundação e indução da triploidia foram efectuadas em 10/1/1984, conforme descrito na metodologia geral, tendo-se para o efeito constituido um stock com cerca de 17000 ovos diploides e outro stock com cerca de 24000 ovos triploides.

A incubação dos ovos e a alevinagem decorreram na Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada. A temperatura a que decorreu a experiência foi a ambiente, que variou entre os 8 e os 11°C. A adaptação ao alimento teve início quando os alevins apresentaram a vesícula vitelina reduzida a cerca de 1/8 do seu tamanho original.

O lote de ovos tratados constituiu a população stock triploide e o lote de ovos não tratados constituiu a população stock diploide, de onde foram retiradas a maior parte das trutas utilizadas nas experiências descritas adiante.

A triploidia foi confirmada através da determinação do cariótipo nos embriões, por ALMEIDA (1986). Posteriormente, confirmámos a triploidia por medida do volume nuclear médio dos eritrócitos aos 9, 16 e 23 meses de idade, em 10 a 15 trutas de cada ploidia.

O volume nuclear dos eritrócitos foi calculado pela seguinte equação (ALLEN E STANLEY, 1979):

Tabela 4. Mortalidade dos ovos e alevins diploides e triploides de truta arco-íris, em percentagem do número de ovos fecundados.

PERÍODO: / PLOIDIA	48 h	MANCHAS OCULARES	ECLOSÃO	ABSORPÇÃO DA VESÍCULA VITELINA	ADAPTAÇÃO AO ALIMENTO
2n	10,4	60,2	61,6	63,1	64,8
3n	27,9	77,4	79,6	81,3	83,4
3n/2n	2,68	1,29	1,29	1,29	1,29

Tabela 5. Mortalidade, entre períodos de desenvolvimento, dos ovos e alevins diploides e triploides de truta arco-íris.

PERÍODO: / PLOIDIA	FECUNDAÇÃO/ 48h	48h / MANCHAS OCULARES	MANCHAS OCULARES/ ECLOSÃO	ECLOSÃO/ ABSORPÇÃO DA VESÍC.VITELINA	REABSORPÇÃO DA VESIC.VITELINA/ ADAPTAÇÃO AO ALIMENTO
2n	10,4	55,2	3,5	3,9	4,6
3n	27,9	68,6	9,7	8,3	11,2
3n-2n	17,5	13,0	6,2	4,4	6,6

$$Vn = 4/3 \ \pi \ a \ b^2$$

em que a e b correspondem, respectivamente, aos eixos maior e menor do núcleo dos eritrócitos.

O volume nuclear médio dos eritrócitos de cada truta correspondia à média de 10 determinações.

3.3. RESULTADOS

A mortalidade acumulada dos triploides e diploides, desde a fecundação até ao final do período de adaptação ao alimento, indica-se na tabela 4.

Como aí se pode ver, nas primeiras 48 horas após a fecundação a mortalidade dos ovos triploides foi cerca de 2,7 vezes superior à dos diploides. Em consequência de problemas de qualidade de água que ocorreram entre esta altura e o aparecimento das manchas oculares, a mortalidade acumulada no final desta fase foi muito elevada, cifrando-se em 60,2 % nos diploides e 77,4 % nos triploides. Após o aparecimento das manchas oculares, e restabelecida a qualidade da água, a mortalidade foi bastante reduzida nos dois grupos, sendo somente mais 4,6 % nos diploides e mais 6 % nos triploides, até ao final da fase de adaptação ao alimento.

Globalmente, desde a fecundação até ao fim da fase de adaptação ao alimento, a mortalidade acumulada dos triploides foi 29 % superior à dos diploides.

Entre os vários períodos de desenvolvimento considerados, a mortalidade dos triploides foi sempre superior à dos

diploides (tabela 5). Porém, em cada um desses períodos, a diferença entre a mortalidade dos diploides e dos triploides diminuiu desde as 48 horas até ao fim da absorção da vesícula vitelina, mas aumentou ligeiramente durante a adaptação ao alimento.

A percentagem de indução da triploidia, confirmada por determinação dos cariótipos nos embriões, foi de 90 %. Na confirmação posterior deste valor através da medida do volume nuclear médio dos eritrócitos, efectuada aos 9, 16 e 23 meses de idade obtivemos, respectivamente, 88, 90 e 93,3 % de trutas triploides.

O volume nuclear dos eritrócitos das trutas triploides era, em média, 1,8 vezes superior ao dos diploides, e não detectámos, em nenhum caso, sobreposição entre os valores individuais dos volumes nucleares dos eritrócitos das trutas das duas ploidias.

3.4. DISCUSSÃO

Nesta experiência obtivemos 90 % de trutas triploides pela aplicação de um choque térmico à temperatura de 28 °C, com início 25 minutos após a fecundação e uma duração de 20 minutos.

Também na truta arco-íris, CHOURROUT (1980) obteve 50 % de peixes triploides num lote resultante do agrupamento dos sobreviventes de vários choques térmicos aplicados a temperaturas compreendidas entre os 27 e os 30 °C, com início entre 0 e 70 minutos após a fecundação e uma duração de 10 minutos.

Posteriormente, CHOURROUT E QUILLET (1982) obtiveram 98 a 100 % de embriões triploides pela aplicação de um choque térmi-

co à temperatura de 26 °C, iniciado 25 minutos após a fecundação e com uma duração de 20 minutos.

ALMEIDA (1986) ao testar esta técnica na Estação Experimental de Aquacultura, na albufeira da Caniçada, concluiu que este tratamento era mais eficiente se aplicado a 28 °C. A esta temperatura obtiveram-se 90 % de trutas triploides, contra 80 % a 26 °C.

Ainda na truta arco-íris, vários autores obtiveram resultados satisfatórios pela aplicação de tratamentos ligeiramente diferentes.

THORGAARD et al. (1981) obtiveram 50 % de trutas triploides com a aplicação de um choque térmico a 37 °C, durante 1 minuto, com início 10 minutos após a fecundação.

LINCOLN E SCOTT (1983) obtiveram entre 74 e 100 % de trutas triploides com a aplicação de choques térmicos a 27-28 °C, com início 40 minutos depois da fecundação e 10 a 15 minutos de duração.

SOLAR et al. (1984) testaram o efeito de vários choques térmicos aplicados a temperaturas compreendidas entre os 24 e os 30 °C, com duração de 10 minutos e início 1 ou 40 minutos após a fecundação. Estes autores obtiveram, conforme o tratamento, entre 10 e 100 % de trutas triploides. Os melhores resultados foram conseguidos com a aplicação de choques térmicos às temperaturas de 26 e 28 °C, com início 40 minutos depois da fecundação, em que obtiveram de 90 a 100 % de trutas triploides, respectivamente.

Além da eficiência do método utilizado para a indução da triploidia, é também importante saber o seu rendimento, isto é, a proporção de peixes que sobrevivem ao tratamento.

Durante o desenvolvimento embrionário registámos, na nossa experiência, uma mortalidade acumulada dos triploides cerca de 29 % superior à dos diploides. A mortalidade diferencial entre os indivíduos das duas ploidias incidiu especialmente nos estados iniciais do desenvolvimento embrionário e diminuiu à medida que este procedia.

Esta mortalidade superior dos embriões triploides é normalmente atribuida à morte de embriões provocada por anomalias cromossómicas induzidas pelo tratamento de triploidização (BENFEY E SUTTERLIN, 1984a; SOLAR et al., 1984).

Também na truta arco-íris, CHEVASSUS et al. (1983) indicam que a mortalidade dos triploides é 10 a 20 % superior à do controlo diploide, desde a fecundação até ao aparecimento das manchas oculares, e 10 % superior desde a eclosão até à absorção da vesícula vitelina.

Por seu lado, CHOURROUT E QUILLET (1982) não detectaram diferenças significativas na mortalidade dos embriões diploides e triploides desde a fecundação até à eclosão. Contudo, desde esta fase e o início da alimentação exógena a mortalidade dos triploides foi 12 % superior à dos diploides.

LINCOLN E SCOTT (1983) observaram uma mortalidade dos embriões triploides 70 % superior à dos diploides, no momento da eclosão, e SOLAR et al. (1984), nos seus tratamentos mais eficientes, observaram uma mortalidade dos triploides 2 a 7 vezes superior à dos diploides, no momento da eclosão. Porém, nos alevins com 60 dias de idade a diferença de mortalidade entre as duas ploidias diminuiu para 1,5 - 2,8 vezes.

QUILLET (1986), também na truta arco-íris, observou uma

sobrevivência média dos triploides, no estado de manchas oculares, equivalente a 88,6 % da sobrevivência dos diploides. Desde essa altura e até aos 100 dias de idade, a sobrevivência dos triploides, relativamente à dos diploides, diminuiu para 73%.

No salmão do Atlântico, Salmo salar, BENFEY E SUTTERLIN (1984a) verificaram que, até à eclosão, a sobrevivência dos triploides era de 70 a 90 % da sobrevivência dos diploides.

A confirmação da triploidia em juvenis e adultos através da determinação do volume nuclear médio dos eritrócitos deu resultados idênticos aos obtidos através da determinação dos cariótipos. Isto indica que não houve mortalidade diferencial entre as trutas diploides e triploides, na população triploide, ao contrário do que foi sugerido por outros investigadores (THORGAARD et al., 1982; UTTER et al., 1983).

CHOURROUT (1986) aconselha que se faça a determinação da triploidia pela contagem do número de cromossomas ou pela determinação do conteúdo de DNA pela técnica de citometria de fluxo e desaconselha a utilização das medidas eritrocitárias, por considerar que são imprecisas, devido à sobreposição dos valores individuais entre os peixes das duas ploidias.

BENFEY et al. (1984), pelo contrário, não aconselham a determinação dos cariótipos para avaliar a triploidia, por ser uma técnica de execução demorada e requerer laboratórios e pessoal especializados.

Estes autores compararam, no salmão do Atlântico, S. salar, o grau de fidelidade na avaliação da triploidia entre a técnica de citometria de fluxo e a determinação do volume dos eritrócitos, e concluiram que não há diferenças entre estes dois

métodos. Compararam, ainda, os valores de várias medidas dos eritrócitos, tais como os eixos maior e menor da célula e do núcleo, o volume nuclear, e a área da célula, e concluiram que são significativamente diferentes entre as duas ploidias podendo, por isso, ser utilizadas na determinação da triploidia.

As medidas eritrocitárias têm, além do mais, a vantagem de poderem ser facilmente determinadas em qualquer piscicultura, com meios acessíveis e com pessoal sem grande especialização técnica, enquanto que as outras técnicas requerem pessoal especializado e material nem sempre disponível.

No nosso estudo, os volumes nucleares dos eritrócitos das trutas diploides e triploides eram facilmente distinguíveis entre si, pois eram cerca de 1,8 vezes maiores nos triploides, e não observámos, em nenhum caso, sobreposição entre os valores individuais dos volumes nucleares dos eritrócitos de diploides e triploides.

Também na truta arco-íris, LINCOLN E SCOTT (1984) não observaram sobreposição entre os valores dos comprimentos dos núcleos dos eritrócitos de diploides e triploides.

THORGAARD E GALL (1979) observaram que os valores dos volumes nucleares individuais dos eritrócitos de diploides e triploides de truta arco-íris se sobrepunham, isto apesar de os triploides terem um volume nuclear médio dos eritrócitos cerca de 1,8 vezes maior do que o dos diploides.

Em síntese, os resultados expostos neste capítulo mostram que a técnica de indução da triploidia que aplicámos foi bastante eficiente, tendo a triploidia sido induzida em 90 % dos ovos tratados.

Durante o desenvolvimento embrionário, a mortalidade dos triploides foi superior à dos diploides, o que deve ser tomado em consideração no cálculo do número de efectivos que se pretende obter.

A determinação do volume nuclear médio dos eritrócitos parece ser uma técnica adequada para confirmar a triploidia, sendo os resultados obtidos com esta técnica idênticos aos obtidos pela determinação dos cariótipos nos embriões.

4. UTILIZAÇÃO METABÓLICA DAS RESERVAS ENERGÉTICAS ENDÓGENAS DURANTE A EMBRIOGÉNESE

4.1. INTRODUÇÃO

Como vimos no capítulo anterior, durante a embriogénese a mortalidade dos embriões triploides é superior à dos diploides e, no início da fase de alimentação exógena, o crescimento dos alevins triploides é normalmente inferior ao dos diploides (ver capítulo 5), o que é atribuido a uma ineficiente utilização do alimento (QUILLET, 1986).

Pensamos, por isso, que um melhor conhecimento do potencial metabólico da unidade ontogénica contribuirá para a elucidação das diferenças observadas entre diploides e triploides neste período, bem como para a formulação de dietas mais adequadas às necessidades dos alevins no início da alimentação exógena.

Estudos efectuados sobre a utilização das reservas energéticas endógenas durante a embriogénese de várias espécies de peixes têm mostrado que existem diferenças inter-específicas importantes na utilização dos diferentes substratos energéticos. Nalgumas espécies, as fontes energéticas utilizadas preferencialmente antes da eclosão são as proteínas, enquanto que os lípidos são utilizados em maior quantidade depois da eclosão. Noutras espécies acontece o inverso e noutras, ainda, não há predomínio na utilização de nenhuma das fontes energéticas endógenas (HAYES, 1949; BLAXTER, 1969; TERNER, 1979).

Nos peixes, como de resto noutros animais, entre os vários factores ambientais que mais influenciam o metabolismo, a temperatura é um dos mais importantes, segundo FRY (1971).

Nos peixes, com o aumento da temperatura regista-se um aumento da ingestão do alimento, de modo a que mais substratos ficam disponíveis para ser digeridos, absorvidos e utilizados (CHO, 1976; CHO E SLINGER, 1979b; ELLIOTT, 1979).

Durante a embriogénese, como as reservas energéticas endógenas são fisicamente limitadas, é interessante saber como são mobilizadas em consequência de modificações da temperatura.

Estudos metabólicos efectuados durante a embriogénese de peixes indicam que a utilização dos substratos energéticos e a síntese proteica estão dependentes da temperatura (DABROWSKI E KAUSHIK, 1986; FAUCONNEAU et al., 1986a). Na truta arco-íris, foi demonstrado que tanto a duração do desenvolvimento embrionário como a quantidade de energia consumida nesse período diminuem com o aumento da temperatura (KAMLER E KATO, 1983; FROMM E RASMUSSEN, 1984).

Porém, nos estudos em que se faz variar a temperatura durante um grande intervalo de tempo, ou mesmo durante todo o desenvolvimento embrionário, obtêm-se informações do efeito acumulado da temperatura no período em causa, e não indicações sobre o seu efeito em estados precisos do desenvolvimento do embrião (JAOUL E ROUBAUD, 1982).

Neste capítulo apresentamos os resultados de duas experiências realizadas com o intuito de estudar a utilização metabólica das reservas energéticas endógenas durante o desenvolvimento embrionário de diploides e triploides de truta arco-íris.

Na primeira experiência determinámos, comparativamente, a utilização dos substratos energéticos endógenos durante o desenvolvimento embrionário de diploides e triploides de truta arco-íris à temperatura constante de 12 ° C. Deste modo, procuramos revelar eventuais diferenças entre as duas ploidias que possam ser explicadas fisiologicamente.

Na segunda experiência pretendemos caracterizar com mais precisão o efeito da temperatura na utilização metabólica das reservas energéticas endógenas, em diversos estados do desenvolvimento embrionário de diploides e triploides de truta arco-íris, e em alevins mantidos em jejum após a absorção da vesícula vitelina.

Do nosso conhecimento, este é o primeiro trabalho em que se faz a comparação da utilização de substratos energéticos endógenos durante a embriogénese de peixes de ploidias diferentes. É, também, o primeiro trabalho realizado em truta arco-íris em que este tipo de estudo é efectuado pela análise simultânea do metabolismo respiratório e azotado.

Apesar de o estudo simultâneo do metabolismo respiratório e da excreção de azoto permitir ter uma ideia mais precisa da utilização dos substratos energéticos do que o estudo em separado de cada um deles, exceptuando o trabalho de BAILEY et al. (1980), em salmonídeos, e de CETTA E CAPUZZO (1982), KAUSHIK et al. (1982), DABROWSKI et al. (1984) e DABROWSKI E KAUSHIK (1986), noutros peixes, este tipo de aproximação não tem sido utilizado.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

A primeira experiência foi realizada com indivíduos retirados das populações stock diploide e triploide de truta arco-íris, Salmo gairdneri, que se transferiram, na altura da sua constituição, para o sistema termoregulável de recirculação de água, nas instalações do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", no Porto. Aí distribuiram-se os ovos de cada ploidia, em número de aproximadamente 1000, por três tanques de incubação e alevinagem de 9 l de volume.

Durante todo o período experimental a temperatura da água foi regulada para 12 ± 0,5 ° C. O desenvolvimento embrionário teve a duração de 45 - 46 dias. As manchas oculares tornaram-se visíveis aos 13 dias e a eclosão ocorreu entre os dias 25 e 26. Durante todo o período experimental os alevins foram mantidos em jejum.

Nos dias experimentais retiravam-se triplicados de 15 ovos ou 5 alevins de cada ploidia, que eram colocados em câmaras metabólicas de 100 ml, para doseamento da excreção de azoto amoniacal. Preparava-se, ainda, um branco nas mesmas condições, mas sem animais. Estas câmaras metabólicas eram mantidas à temperatura de 12 ° C durante 5 horas, sem renovação de água. No início e fim deste período de tempo retiravam-se amostras de água para análise da amónia, através de um autoanalizador, conforme descrito na metodologia geral.

Nos mesmos dias doseava-se também o consumo de oxigénio, à mesma temperatura, em triplicados de 10 ovos ou duplicados de 2 alevins de cada ploidia. Os animais eram introduzidos numa

câmara metabólica de 8 ml de volume, à qual se adaptava um eléctrodo potenciométrico de oxigénio (YSI Model 53, Biological oxygen monitor), e registava-se a diminuição da concentração de oxigénio no meio, nunca permitindo que esta fosse inferior a 60 - 70 % do valor da saturação.

Os animais utilizados nas determinações metabólicas eram em seguida congelados a -20 °C, para análise química posterior.

A segunda experiência realizou-se um ano depois da primeira. A fecundação dos ovos e a indução da triploidia foram efectuadas em 3/1/1985, na Estação Experimental de Aquacultura, na albufeira da Caniçada, conforme descrito na metodologia geral.

No dia da fecundação transferiram-se cerca de 2000 ovos de cada ploidia para o sistema termoregulável de recirculação de água, no Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", no Porto. Tal como na experiência anterior, os ovos de cada ploidia foram distribuidos por três tanques de incubação e alevinagem de 9 l de volume, onde se processou todo o desenvolvimento embrionário à temperatura constante de 12 ± 0,5 °C.

O desenvolvimento embrionário teve uma duração igual ao da experiência anterior e, após a absorção da vesícula vitelina, os alevins foram mantidos em jejum, até ao fim da experiência, oito dias depois.

Nos dias experimentais retiravam-se cerca de 100 ovos ou 50 alevins de cada ploidia, que eram colocados em recipientes com 100 ml de água e transferidos para câmaras previamente reguladas para as temperaturas de 5, 10 e 12 °C.

Após duas horas de adaptação à temperatura experimen-

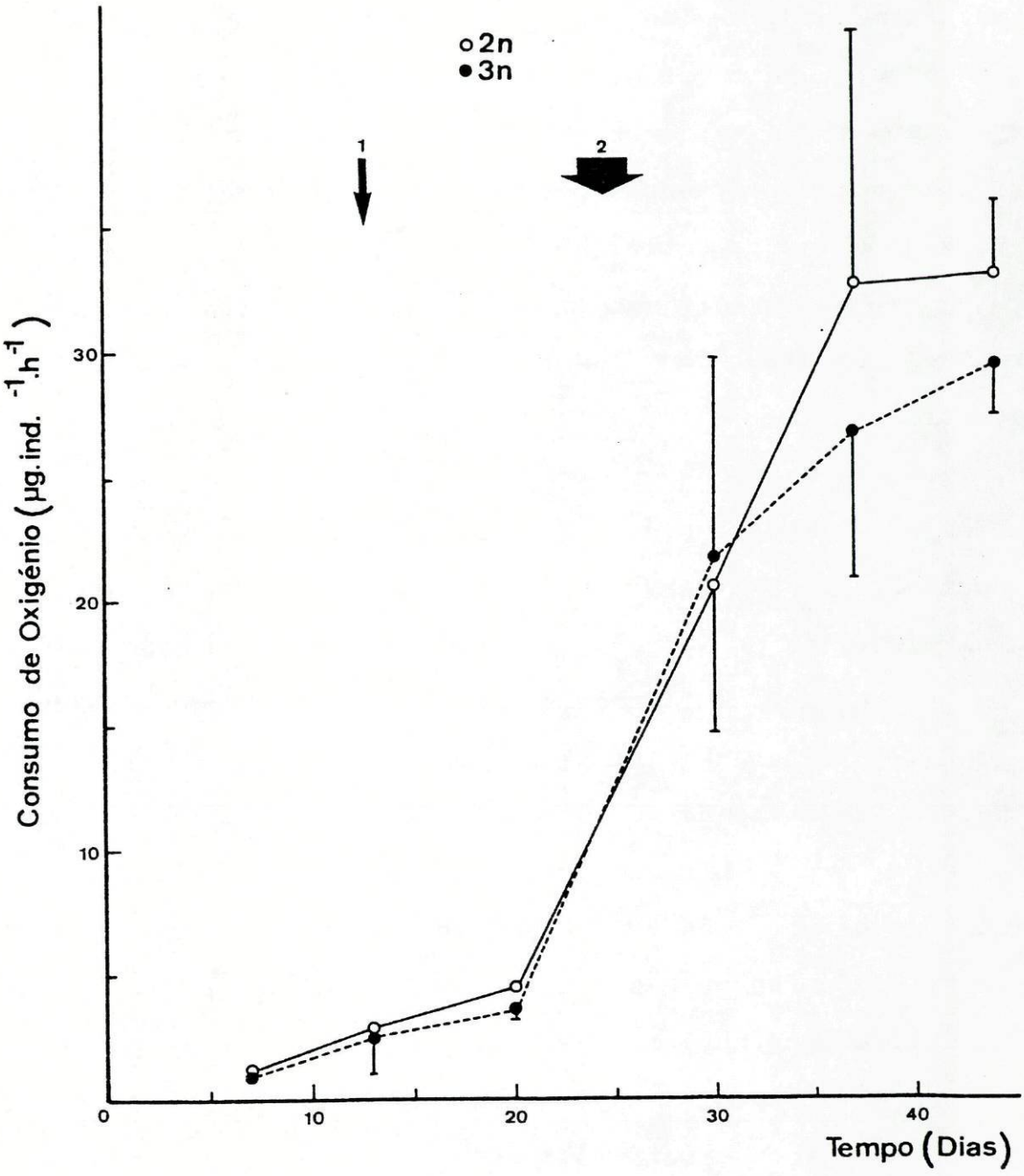


Figura 7. Variação do consumo de oxigénio durante a embriogénese de diploides e triploides de truta arco-íris à temperatura constante de 12 ° C (valores médios; as barras representam o desvio padrão).

1- manchas oculares; 2- eclosão.

tal, transferiam-se triplicados de 20 ovos ou 5 - 10 alevins de cada ploidia para câmaras metabólicas de 100 ml, e aí se mantinham durante 2 a 4 horas, sem renovação de água. Preparava-se ainda um branco nas mesmas condições, mas sem animais. No início e fim desse período retiravam-se amostras de água para doseamento do oxigénio dissolvido, amónia e ureia. O oxigénio foi doseado pelo método micro-titimétrico de WINKLER e a amónia e ureia através de um autoanalizador, conforme indicado na metodologia geral.

4.3. RESULTADOS

4.3.1. EXPERIÊNCIA 1. UTILIZAÇÃO DAS RESERVAS ENERGÉTICAS ENDÓGENAS À TEMPERATURA CONSTANTE DE 12 ° C.

4.3.1.1. Consumo de oxigénio

Durante a incubação dos ovos, o consumo de oxigénio aumentou lentamente, passando de cerca de 1 µg/indivíduo/hora poucos dias depois da fecundação, para 4 µg/indivíduo/hora pouco antes da eclosão (figura 7). Após a eclosão, o consumo de oxigénio aumentou rapidamente para 20 - 22 µg/indivíduo/hora, o que representa um aumento de cerca de cinco vezes, e continuou a aumentar até ao momento da absorção da vesícula vitelina, altura em que era de 30 - 33 µg/indivíduo/hora.

As diferenças de consumo de oxigénio observadas entre diploides e triploides não foram estatisticamente significativas

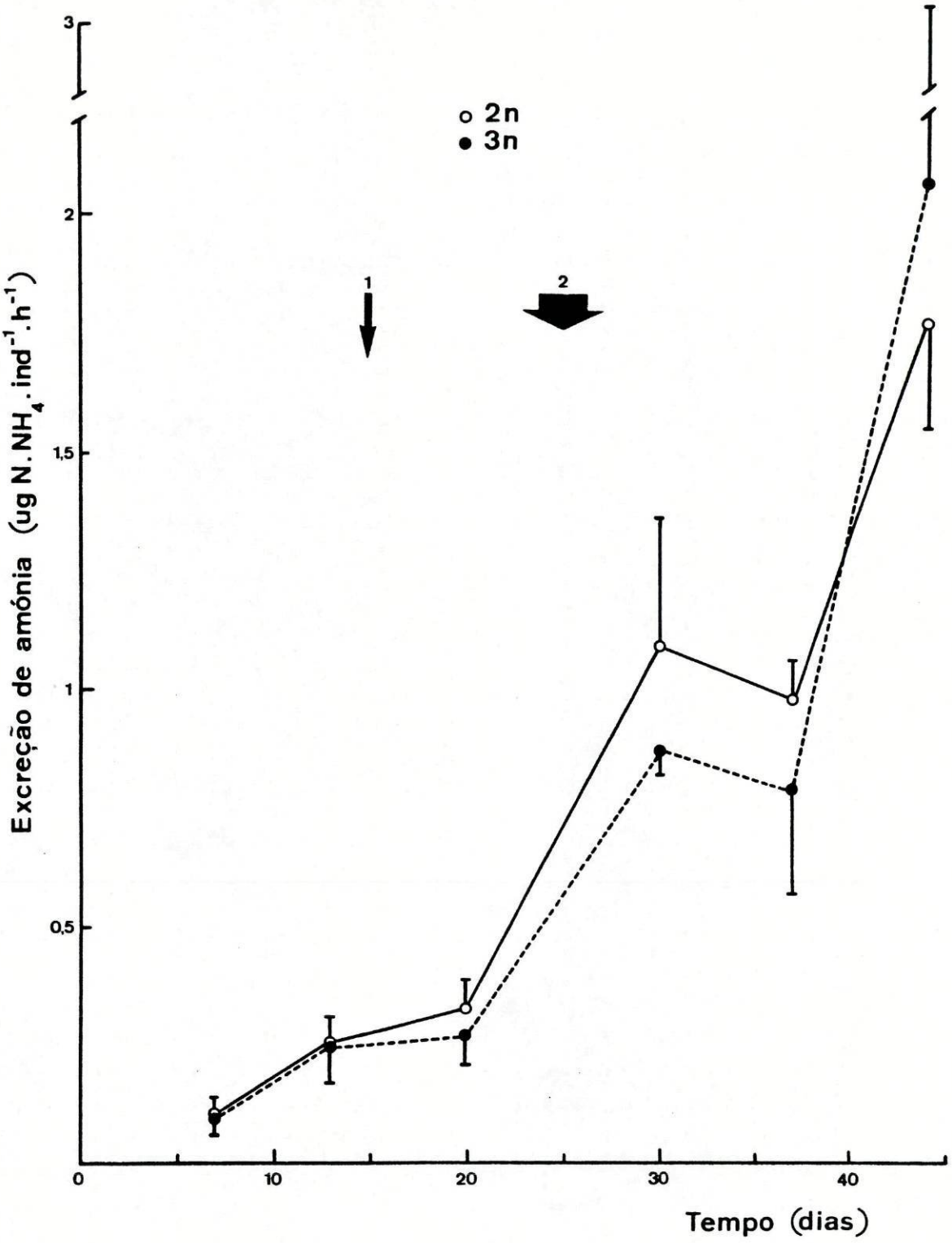


Figura 8. Variação da excreção de amónia durante a embriogénese de diploides e triploides de truta arco-íris à temperatura de 12 °C (valores médios; as barras representam o desvio padrão). 1- manchas oculares; 2- eclosão.

($P>0,05$), excepto no dia 20 ($P<0,05$).

4.3.1.2. Excreção de amónia

De um modo similar ao do consumo de oxigénio, a excreção de amónia aumentou lentamente durante o período de incubação dos ovos, passando de cerca de 0,1 µg/indivíduo/hora nos estados iniciais do desenvolvimento embrionário, para cerca de de 0,3 µg/indivíduo/hora pouco antes da eclosão (figura 8). Nos alevins recém-eclodidos, a excreção de amónia aumentou cerca de três vezes, para valores de 0,9 - 1,1 µg/indivíduo/hora e, depois de diminuir ligeiramente, tornou a aumentar, para 1,8-2,1 µg/indivíduo/hora no fim do período experimental.

As diferenças de excreção de amónia entre diploides e triploides não foram estatisticamente significativas ($P>0,05$).

4.3.1.3. Composição química

Durante o desenvolvimento dos ovos não se detectaram modificações significativas na sua composição química (tabela 6).

Após a eclosão, o peso fresco diminuiu, devido à perda do chorion; em seguida aumentou gradualmente, durante a absorção da vesícula vitelina, e tornou a diminuir pouco antes da absorção completa da vesícula vitelina.

Nos alevins, durante a absorção da vesícula vitelina, a percentagem de humidade aumentou, enquanto o seu peso seco, e o conteúdo proteico e energético diminuiram continuamente.

De um modo geral, os conteúdos proteico e energético

Tabela 6. Evolução da composição química de ovos e alevins vesiculados diploides e triploides de truta arco-íris durante o desenvolvimento embrionário (1).

PLOIDIA	DIA:	7	13	30	37	44
2n	Peso fresco (mg)	93,4(4,3)	99,0(1,1)x	79,9(7,5)	112,4(3,1)	105,7(4,6)
	Peso seco (mg)	31,3(1,4)	32,4(0,4)	22,0(2,1)	30,6(0,8)	21,2(0,9)
	Humidade (%)	66,5(0,2)	67,3(2,1)	72,5(0,3)	72,8(1,5)	79,7(1,0)
	Proteínas (%)	23,0(0,1)x	23,2(0,5)	17,2(0,1)x	18,1(0,2)x	13,1(0,2)x
	Energia ($KJ.g.^{-1}$)	7,9(0,2)	7,9(0,2)xx	6,7(0,2)xx	6,3(0,1)xx	4,6(0,2)xx
3n	Peso fresco (mg)	95,2(2,6)	92,5(2,4)x	87,3(6,5)	105,9(10,1)	102,3(3,2)
	Peso seco (mg)	32,0(0,9)	31,7(0,8)	26,7(2,0)	25,1(2,4)	21,6(0,7)
	Humidade (%)	66,4(0,6)	65,7(0,3)	69,4(2,8)	76,3(7,2)	78,9(0,2)
	Proteínas (%)	23,6(0,2)x	24,3(0,5)	20,9(0,2)x	16,1(0,2)x	14,3(0,3)x
	Energia ($KJ.g.^{-1}$)	8,0(0,2)	8,1(0,1)xx	7,3(0,2)xx	5,4(0,2)xx	4,9(0,2)xx

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma coluna, valores seguidos do mesmo símbolo não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

foram significativamente superiores nos triploides relativamente aos diploides ($P<0,05$).

4.3.1.4. Utilização das reservas energéticas endógenas

As diferenças entre as duas ploidias na utilização metabólica das reservas energéticas endógenas não foram muito importantes.

O quociente de amónia diminuiu continuamente ao longo da embriogénese, o que indica que houve uma diminuição da percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético, mas pouco antes da absorção completa da vesícula vitelina tornou a aumentar, o que indica que houve um novo aumento da utilização das proteínas como fonte energética (tabela 7).

Os valores acumulados do metabolismo azotado e energético durante o desenvolvimento embrionário apresentam-se na tabela 8.

A excreção de azoto amoniacal durante a embriogénese foi de 455 - 487 µg/indivíduo, do qual 16 - 18 % foi excretado pelos ovos.

Os gastos energéticos durante a embriogénese foram de 178 - 184 J/indivíduo, tendo os ovos consumido cerca de 7 % dessa energia.

As proteínas contribuiram com cerca de 23 - 26 % da energia dispendida no metabolismo embrionário. Da energia total consumida pelos ovos, cerca de 60 % foi de origem proteica mas, depois da eclosão, as proteínas contribuiram com somente 21-24 % da energia total catabolizada.

Tabela 7. Valores do quociente de amónia (A.Q.) e da percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético de embriões diploides e triploides de truta arco-íris.

	A.Q.		ENERGIA PROTEICA (% DA ENERGIA TOTAL METABOLIZADA)	
PLOIDIA / DIA	2n	3n	2n	3n
7	0,21	0,25	63,6	75,8
13	0,16	0,18	48,5	54,5
20	0,17	0,17	51,5	51,5
30	0,12	0,09	36,4	27,2
37	0,05	0,05	15,2	15,2
44	0,12	0,16	36,4	48,5

Tabela 8. Valores acumulados do metabolismo energético e azotado de diploides e triploides de truta arco-íris, durante o desenvolvimento embrionário (1).

PERÍODO:	OVOS		ALEVINS VESICULADOS		TODA A EMBRIOGÉNESE	
PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n	2n	3n
Excreção de amónia ($\mu g.ind.^{-1}$)	82,3	77,2	372,9	409,9	455,2	487,1
Consumo de oxigénio ($\mu g.\ ind.^{-1}$)	928,8	892,8	12126,0	11750,4	13054,8	12643,2
Energia metabolizada ($J.\ ind.^{-1}$)	13,1	12,6	171,0	165,7	184,1	178,3
Energia proteica (1) (% da energia total dispendida no metabolismo)	61,4	59,9	21,2	24,2	23,0	26,1

(1) calculado através do quociente de amónia (A.Q.), de acordo com KUTTY (1978).

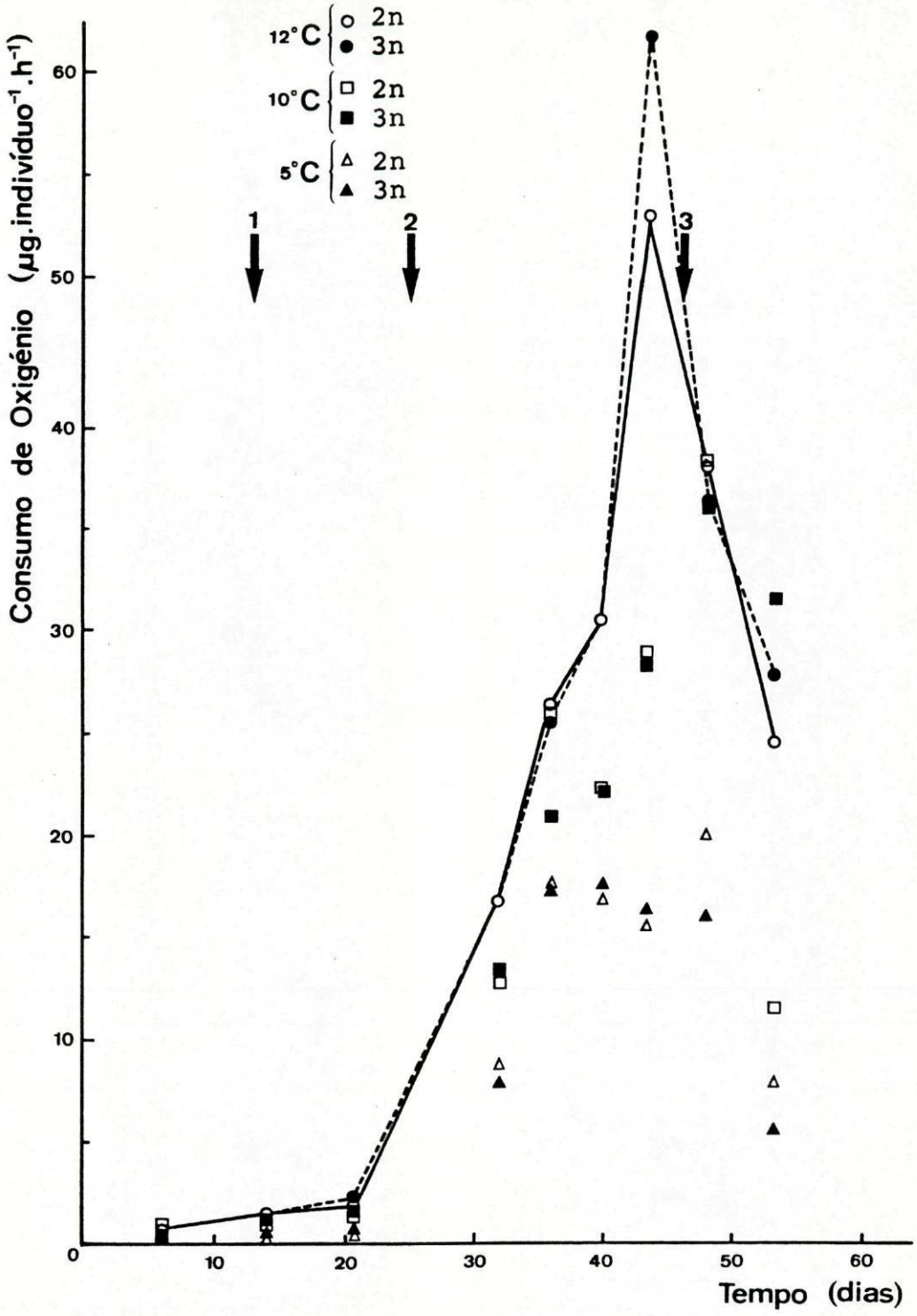


Figura 9. Consumo de oxigénio em diversos estados do desenvolvimento embrionário, e em alevins em jejum depois da absorção da vesícula vitelina, de diploides e triploides de truta arco-íris, às temperaturas de 5, 10 e 12 °C. 1- manchas oculares; 2- eclosão; 3- absorção da vesícula vitelina.

4.3.2. EXPERIÊNCIA 2. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA UTILIZAÇÃO DAS RESERVAS ENERGÉTICAS ENDÓGENAS

Para uma melhor compreensão dos resultados a seguir expostos, convém explicitar que, sendo os embriões mantidos à temperatura de 12 ° C durante todo o desenvolvimento embrionário, e adaptados nos dias de doseamento para as outras temperaturas experimentais, só os resultados obtidos a essa temperatura são representativos do metabolismo durante a embriogénese.

Os resultados obtidos às temperaturas de 5 e 10 ° C são indicativos das modificações metabólicas sofridas devido às alterações da temperatura, em animais no mesmo estado de desenvolvimento, e com as mesmas reservas metabólicas endógenas.

4.3.2.1. Consumo de oxigénio

Durante o período de incubação dos ovos, o consumo de oxigénio foi muito reduzido às três temperaturas experimentais (figura 9). À temperatura de 12 ° C aumentou de 0,75 µg/indivíduo/hora, poucos dias depois da fecundação, para cerca de 1,9-2,2 µg/indivíduo/hora, antes da eclosão.

Após a eclosão, aumentou rapidamente para valores de 16,7 µg/indivíduo/hora, e continuou a aumentar até cerca de 53 - 62 µg/indivíduo/hora, pouco antes da absorção da vesícula vitelina. Nos alevins mantidos em jejum, o consumo de oxigénio diminuiu rapidamente, para sensivelmente metade deste valor, oito dias depois da absorção da vesícula vitelina.

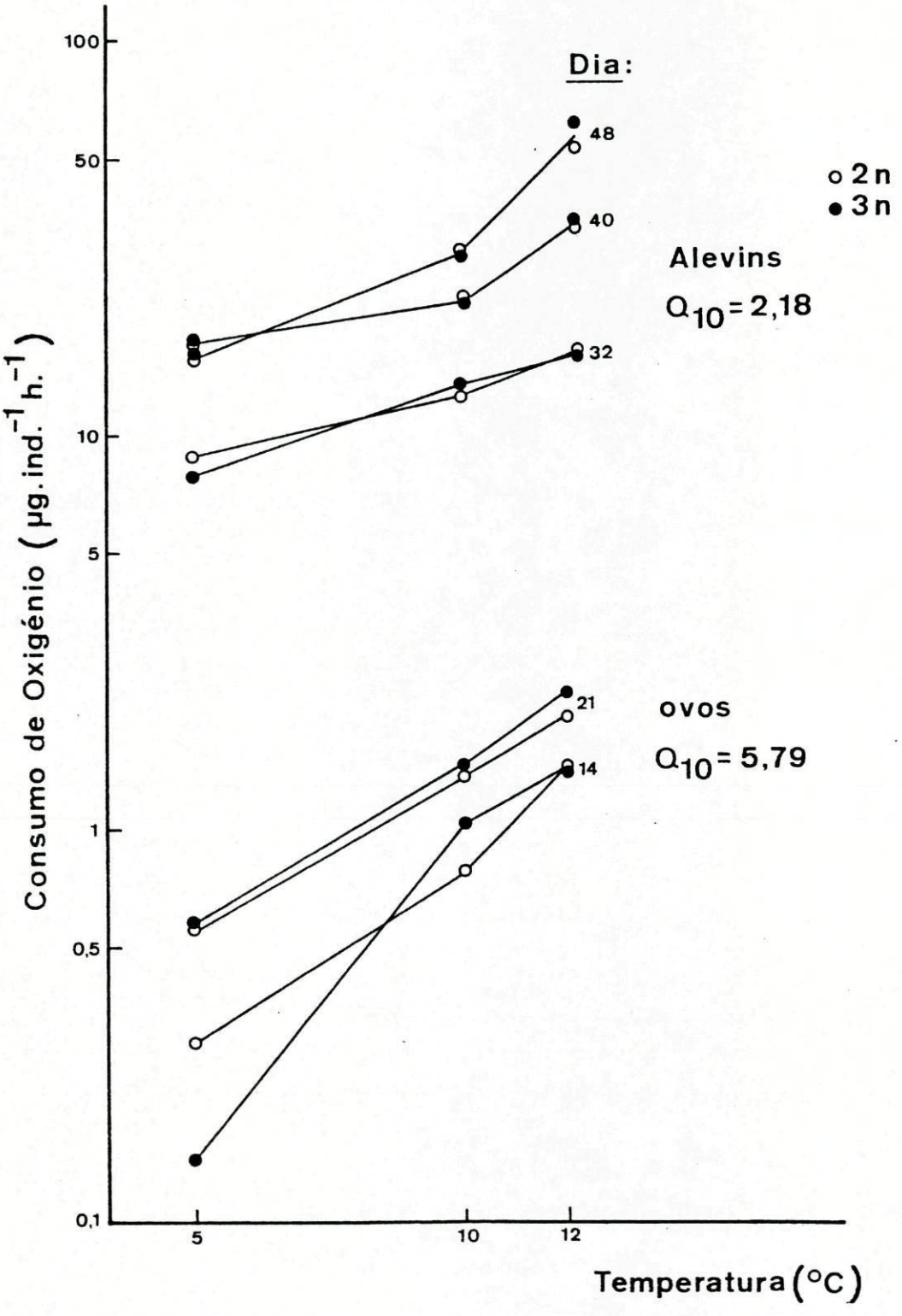


Figura 10. Efeito da temperatura no consumo de oxigénio de ovos e alevins vesiculados diploides e triploides de truta arco-íris.

O efeito da temperatura foi, em todos os dias de experiência, estatisticamente significativo ($P<0,05$), diminuindo o consumo de oxigénio com a diminuição da temperatura.

As diferenças de consumo de oxigénio entre os embriões diploides e triploides não foram estatisticamente significativas a nenhuma temperatura ($P>0,05$), excepto no dia 21, a 12 ° C ($P<0,05$).

Na figura 10 representamos, de um modo mais explicito, o efeito da temperatura no consumo de oxigénio dos ovos e alevins vesiculados. Como aí se pode ver, as variações térmicas têm um efeito mais acentuado no metabolismo respiratório dos ovos do que nos alevins vesiculados, o que se reflecte no valor de Q_{10} que, para os ovos, é 5,79, e para os alevins vesiculados, 2,18.

4.3.2.2.. Excreção de amónia

Nos ovos, a excreção de amónia aumentou lentamente às três temperaturas experimentais, passando, à temperatura de 12 °C, de 0,020 - 0,030 µg/indivíduo/hora, poucos dias depois da fecundação, para 0,11 - 0,14 µg/indivíduo/hora, no momento da eclosão (figura 11). Após a eclosão, a excreção de amónia aumentou rapidamente, a esta temperatura, até atingir 1,4 - 1,5 µg/indivíduo/hora, na altura da absorção da vesícula vitelina. Nos alevins mantidos em jejum continuou a aumentar, para 2,6 - 2,9 µg/indivíduo/hora, ao fim de oito dias.

A temperatura teve um efeito significativo ($P<0,05$) na excreção de amónia, aumentando esta com o aumento da temperatura.

As diferenças de excreção de amónia entre os embriões

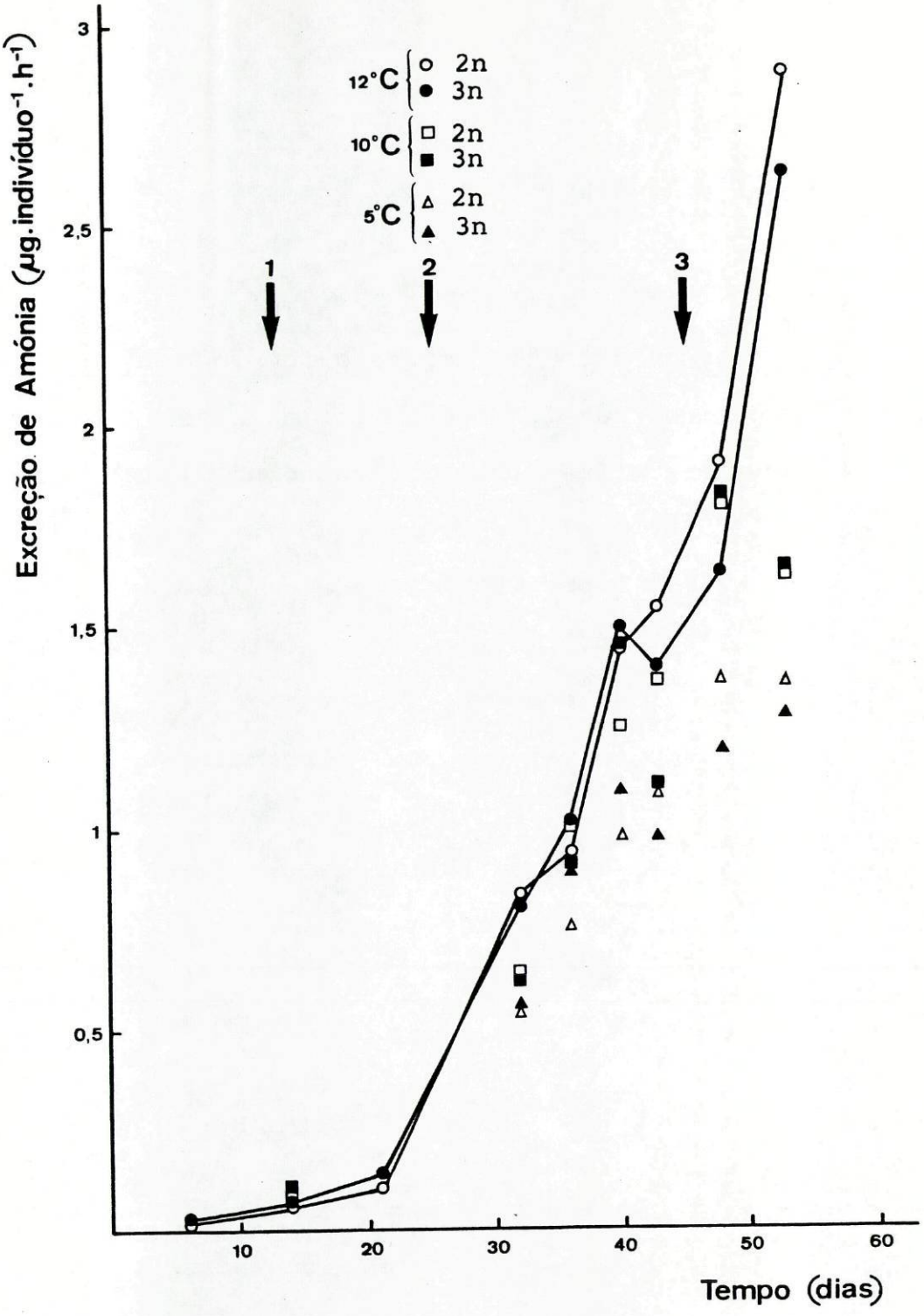


Figura 11. Excreção de amónia em diversos estados do desenvolvimento embrionário, e em alevins em jejum depois da absorção da vesícula vitelina, de diploides e triploides de truta arco-íris, às temperaturas de 5, 10 e 12 °C. 1- manchas oculares; 2- eclosão; 3- absorção da vesícula vitelina.

diploides e triploides não foram significativas ($P>0,05$), excepto nos dias 21, às três temperaturas experimentais, e no dia 36, a 10 °C ($P<0,05$).

Na figura 12 representamos, de um modo mais explícito, o efeito da temperatura na excreção de amónia pelos ovos e alevins vesiculados. Do mesmo modo que para o consumo de oxigénio, o efeito da temperatura na excreção de amónia foi mais acentuado nos ovos do que nos alevins, como se pode depreender do valor de Q_{10} que é, para os ovos, 2,48, e para os alevins vesiculados, 1,54.

4.3.2.3. Excreção de ureia

A excreção de ureia foi bastante reduzida antes da eclosão, não variando significativamente ($P>0,05$) durante todo o período de incubação dos ovos (figura 13). Depois da eclosão a excreção de ureia aumentou inicialmente, e diminuiu em seguida até à absorção da vesícula vitelina. Nos alevins em jejum, a excreção de ureia aumentou rapidamente até ao fim da experiência.

A excreção de ureia não foi estatisticamente diferente às três temperaturas experimentais ($P>0,05$). Entre ploidias também não foram significativas as diferenças de excreção de ureia ($P>0,05$), excepto nos dias 21 e 32, a 12 °C, e 36, a 12 e 10 °C ($P<0,05$).

A percentagem de amónia excretada pelos ovos variou, em relação ao azoto total excretado medido sob a forma de amónia e ureia, entre 60 e 76 % (valor médio, 75,6 $\pm$ 3,2 %). Após a eclosão, a excreção de amónia foi proporcionalmente maior, e

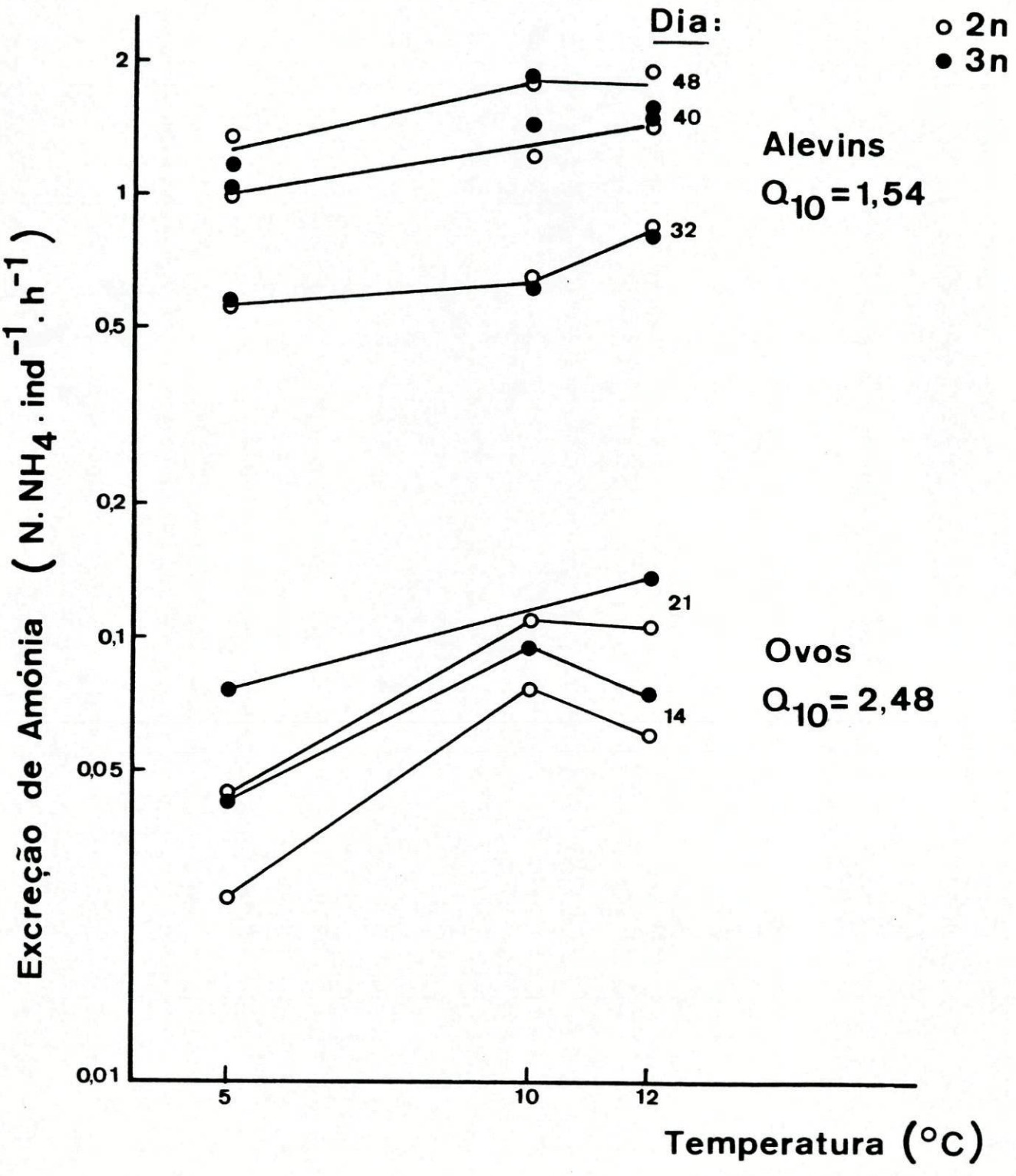


Figura 12. Efeito da temperatura na excreção de amónia de ovos e alevins vesiculados diploides e triploides de truta arco-íris.

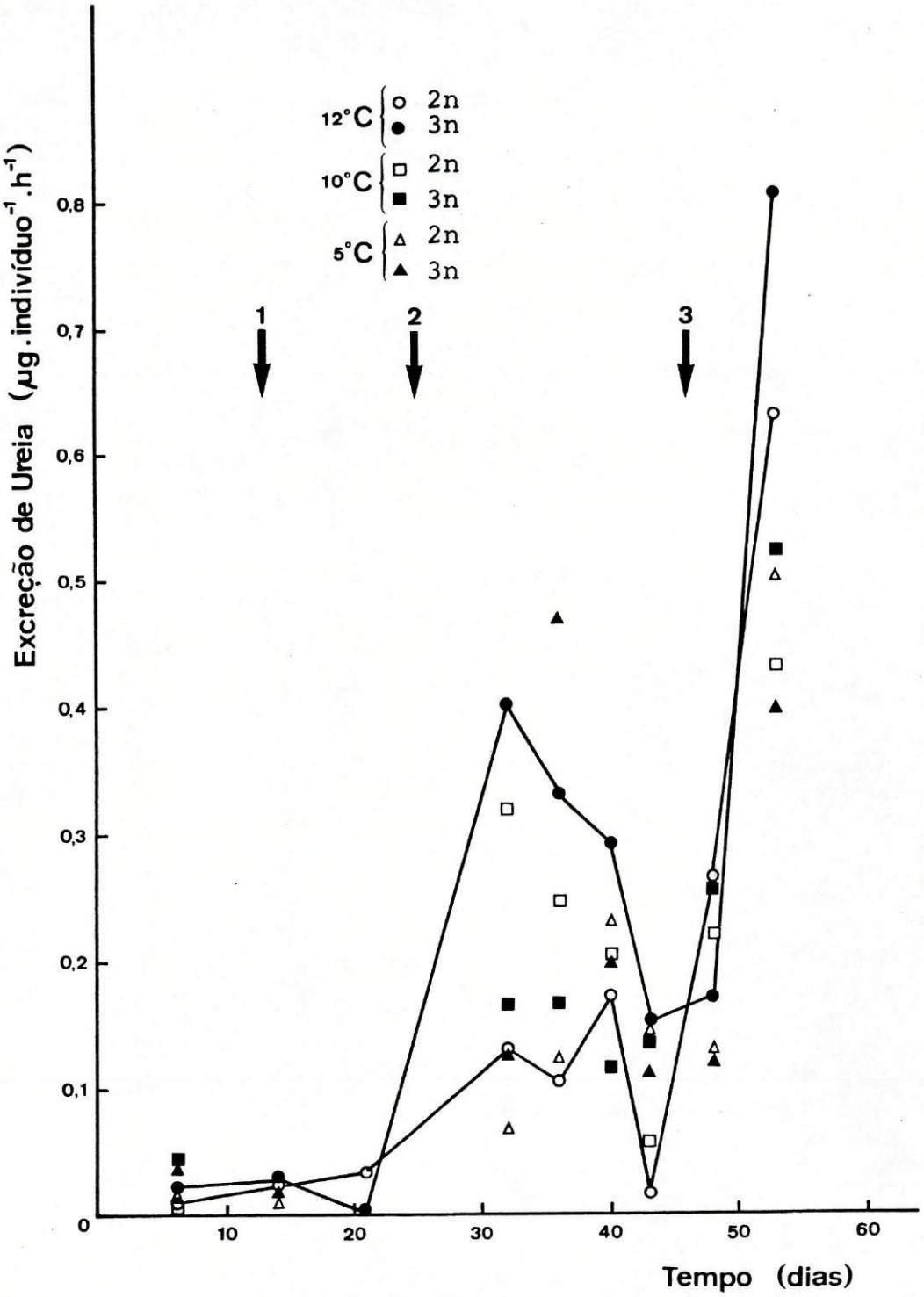


Figura 13. Excreção de ureia em diversos estados do desenvolvimento embrionário, e em alevins em jejum depois da absorção da vesícula vitelina, de diploides e triploides de truta arco-íris, às temperaturas de 5, 10 e 12 °C. 1- manchas oculares; 2- eclosão; 3- absorção da vesícula vitelina.

Tabela 9. Valores do quociente de amónia (A.Q.) e da percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético de embriões diploides e triploides de truta arco-íris, às três temperaturas experimentais.

		A.Q.		ENERGIA PROTEICA (% da energia dispendida no metabolismo)	
	PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n
DIA	TEMP.(ºC)				
14	12	0,09	0,12	27,3	36,4
	10	0,23	0,22	69,7	66,7
	5	0,21	0,68	63,6	<100
21	12	0,13	0,14	39,4	42,4
	10	0,19	0,18	57,6	54,5
	5	0,18	0,27	54,5	81,8
32	12	0,11	0,11	33,3	33,3
	10	0,11	0,11	33,3	33,3
	5	0,14	0,16	42,6	48,5
40	12	0,11	0,11	33,3	33,3
	10	0,13	0,15	39,4	45,4
	5	0,13	0,14	39,4	42,4
43	12	0,07	0,05	21,2	15,2
	10	0,11	0,09	33,3	27,3
	5	0,16	0,14	48,5	42,6
53	12	0,27	0,22	81,8	66,7
	10	0,33	0,22	100,0	66,7
	5	0,39	0,52	<100	<100

variou entre 75 e 99 % (valor médio, 86,7 ± 7,0 %) do azoto total excretado sob a forma de amónia e ureia. Esta diferença não foi, contudo, estatisticamente significativa (P>0,05) nem entre os dois períodos considerados nem entre as duas ploidias.

4.3.2.4. Utilização das reservas energéticas endógenas

Do mesmo modo que na experiência anterior, o quociente de amónia diminuiu ao longo do desenvolvimento embrionário, mas aumentou nos animais mantidos em jejum (tabela 9).

Relativamente à temperatura, o quociente de amónia aumentou com a diminuição desta, o que indica que a percentagem de proteínas dispendidas no metabolismo energético aumenta com a diminuição da temperatura.

Na tabela 10 indicamos os valores acumulados do metabolismo energético e azotado durante o desenvolvimento embrionário, à temperatura de 12 ° C.

De um modo geral, não foram importantes as diferenças entre as duas ploidias na utilização metabólica das reservas energéticas endógenas. A excreção acumulada de azoto amoniacal durante o desenvolvimento embrionário foi cerca de 450 - 470 µg/indivíduo, do qual 5 - 6,6 % foi excretado antes da eclosão. Os gastos energéticos totais foram cerca de 150 - 160 J /indivíduo, dos quais 5 % foram dispendidos pelos ovos.

Nesta experiência, a contribuição das proteínas para o metabolismo energético foi sempre inferior à dos outros substratos energéticos, ao contrário do que se passou na experiência anterior.

Tabela 10. Valores acumulados do metabolismo energético e azotado de diploides e triploides de truta arco-íris, à temperatura de 12°C, durante o desenvolvimento embrionário e os oito primeiros dias depois da reabsorpção da vesícula vitelina (1).

PERÍODO:	OVOS		ALEVINS VESICULADOS		TODA A EMBRIOGÊNESE		8 DIAS EM JEJUM	
PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n	2n	3n	2n	3n
EXCREÇÃO DE AMÔNIA ($\mu g.\ ind.^{-1}$)	22,7	30,7	430,6	436,7	453,3	467,4	494,8	437,2
CONSUMO DE OXIGÊNIO ($\mu g.ind.^{-1}$)	546,8	574,4	10279,0	10558,3	10825,8	11133,0	9265,4	9154,5
ENERGIA METABOLIZADA ($J.\ ind.^{-1}$)	7,7	8,1	144,9	148,9	152,6	157,0	130,6	129,1
ENERGIA PROTEICA (1) (% energia total dispendida no metabolismo)	28,8	37,0	29,0	28,6	29,0	29,1	37,0	33,1

(1) calculada através do quociente de amônia (A.Q.), de acordo com KUTTY (1978).

Nos diploides, tanto nos ovos como nos alevins vesiculados, cerca de 29 % da energia dispendida no metabolismo foi de origem proteica, enquanto nos triploides a contribuição das proteínas para o metabolismo energético diminuiu de 37 %, nos ovos, para 28,6 %, nos alevins vesiculados. Todavia, como o metabolismo energético dos ovos representa pouco mais de 5 % dos gastos energéticos totais durante a embriogénese, no cômputo geral, a contribuição da energia proteica para o metabolismo energético foi idêntica nas duas ploidias.

Nos alevins mantidos em jejum, depois da absorção da vesícula vitelina, o catabolismo proteico aumentou, e esse aumento foi mais importante nos diploides que nos triploides.

4.4. DISCUSSÃO

A duração do desenvolvimento embrionário a 12 ° C foi igual nas duas experiências: o período de incubação foi de 26 dias, e a absorção da vesícula vitelina ocorreu 20 dias depois. A embriogénese durou, assim, 552 graus/dias, período idêntico ao indicado por KAMLER E KATO (1983) para esta espécie, à mesma temperatura.

Nas duas experiências, o aparecimento das manchas oculares, eclosão e absorção da vesícula vitelina ocorreram ao mesmo tempo nas duas ploidias, não havendo, portanto, diferenças entre elas quanto à duração do desenvolvimento embrionário, ao contrário do referido por QUILLET (1986).

A composição química dos ovos não variou de modo signi-

ficativo durante o período de incubação, o que pode ser explicado por a variação dos resultados experimentais ser superior à pequena variação da composição química dos ovos, devido ao metabolismo do embrião não ser muito intenso neste período.

Após a eclosão, o peso fresco diminuiu devido à perda do chorion, e depois aumentou gradualmente, durante a absorção da vesícula vitelina, devido a um aumento da quantidade de água nos tecidos. A diminuição progressiva do peso seco, conteúdo proteico e energético durante este período é consequência da intensa utilização das reservas metabólicas endógenas pelos embriões. Resultados semelhantes a estes foram também observados tanto em salmonídeos como noutros peixes (HAYES, 1949; KAMLER, 1976; ZEITON et al., 1977; TAKAHASHI et al., 1978; CETTA E CAPUZZO, 1982; KIMATA, 1982, 1983; DABROWSKI E LUCZINSKI, 1984).

No que se refere à composição química, foi diferente entre as duas ploidias o conteúdo proteico e energético, que foram significativamente superiores nos triploides.

A evolução do consumo de oxigénio a 12 ° C foi idêntica nas duas experiências: o consumo de oxigénio foi muito reduzido antes da eclosão, aumentou nessa altura cerca de cinco a nove vezes, e continuou a aumentar até à absorção da vesícula vitelina. Nos alevins mantidos em jejum, após a absorção da vesícula vitelina, assiste-se a uma diminuição do consumo de oxigénio, o que denota, em parte, uma diminuição da actividade física devido ao progressivo enfraquecimento dos alevins e, ao mesmo tempo, uma modificação na utilização dos substratos energéticos. Entre ploidias, não se registaram diferenças significativas no consumo de oxigénio.

Tal como nestas experiências, em salmonídeos, um aumento gradual do consumo de oxigénio durante a embriogénese foi observado na truta arco-íris (BOULECKBACK, 1981; KAMLER E KATO, 1983), no salmão pink, Onchorhynchus gorbuscha (BAILEY et al., 1980) e no salmão do Atlântico, Salmo salar (HAYES et al., 1951).

Pelo contrário, HAMER E GARSIDE (1979), nos ovos de S. salar, observaram inicialmente um aumento do consumo de oxigénio, seguido de uma ligeira diminuição e, por fim, um novo aumento nos estados que antecedem a eclosão.

A evolução da excreção de amónia a 12 ° C foi também idêntica nas duas experiências, e semelhante à do consumo de oxigénio. A excreção de amónia foi bastante reduzida durante o período de incubação dos ovos mas, depois da eclosão, aumentou rapidamente até à absorção da vesícula vitelina. Desde então, nos alevins mantidos em jejum, continuou a aumentar, ainda mais intensamente, o que denota um catabolismo proteico muito acentuado após a exaustão das outras reservas energéticas.

Como no caso do consumo de oxigénio, as diferenças de excreção de amónia entre diploides e triploides não são estatisticamente significativas.

A evolução da excreção de amónia por nós observada não difere da indicada por vários autores tanto na truta arco-íris (SMITH, 1947; RICE E STOKES, 1974) como noutras espécies de peixes (BAILEY et al., 1980; CETTA E CAPUZZO, 1982; KAUSHIK et al., 1982; DAVENPORT et al., 1983; DABROWSKI et al., 1984; DABROWSKI E KAUSHIK, 1986).

Na tabela 11 apresentamos, comparativamente, os valores de excreção de amónia e de consumo de oxigénio observados

Tabela 11. Excreção de amónia e consumo de oxigénio durante a embriogénese de salmonídeos.

ESPÉCIE	TEMPERATURA (°C)	EXCREÇÃO DE AMÓNIA (mg $N.NH_4$. $ind^{-1}.h^{-1}$) ANTES DA ECLOSÃO	APÓS A ECLOSÃO	REABSORPÇÃO DA VESÍCULA VITELINA	CONSUMO DE O_2 (mg $ind^{-1}.h^{-1}$) ANTES DA ECLOSÃO	APÓS A ECLOSÃO	REASBSORPÇÃO DA VESÍCULA VITELINA	REFERÊNCIAS
Oncorhynchus gorbusha	3,6	0,2	0,4	0,6	3	10	27	BAILEY *et al.* (1980)
Salmo gairdneri	10	0,17	0,2	0,74				SMITH (1947)
" "	10	0,19	0,46	1,33				RICE & STOKES (1974)
" "	12				2,1	11,4	32	KAMLER & KATO (1983)
" " *2n*	12	0,33	1,09	1,77	4,4	20,6	33,1	ESTE TRABALHO, exp.1
" " *3n*	12	0,27	0,87	2.06	3.6	21,8	29,5	" " "
" " *2n*	12	0,11	0,83	1,54	1,9	16,7	53,3	ESTE TRABALHO, exp.2
" " *3n*	12	0,14	0,81	1,39	2,2	16,7	61,9	" " "

nestas experiências e por outros autores, em salmonídeos. De um modo geral, a excreção de amónia aumenta, em relação aos valores registados nos ovos, 2 a 6 vezes, logo após a eclosão, e 3 a 12 vezes, durante a absorção da vesícula vitelina, enquanto o consumo de oxigénio, nas mesmas ocasiões, aumenta 3 a 6 vezes e 9 a 29 vezes, respectivamente.

Este grande aumento do metabolismo respiratório e da excreção azotada após a eclosão é susceptível de ter efeitos isolados ou sinergéticos e ocasionar situações de stress, em condições de cultura normais, se não se tomarem as precauções necessárias (controlo da qualidade da água e da temperatura). As consequências mais prováveis destas situações de stress são a redução da taxa de sobrevivência dos embriões e da sua capacidade para utilizar convenientemente as reservas vitelinas para fins de crescimento (BAILEY et al., 1980).

Se as trutas triploides forem mais sensíveis a situações de stress, como foi sugerido por CHEVASSUS (1986) e QUILLET et al. (1986), o aumento da concentração de amónia e a diminuição da concentração de oxigénio da água podem contribuir para o pior crescimento e a maior mortalidade dos alevins triploides observados em diversas situações experimentais.

Apesar de a amónia ser o principal produto de excreção dos peixes (FORSTER E GOLDSTEIN, 1969), vários outros metabolitos foram detectados entre os produtos de excreção dos embriões, tais como a ureia, aminas primárias, ácidos aminados, e outros (YARZHOMBEK E MASLENNIKOVA, 1971; CETTA E CAPUZZO, 1982; KAUSHIK et al., 1982; DABROWSKI et al., 1984).

A excreção de ureia, que doseámos na experiência 2,

evoluiu de modo diferente da evolução do consumo de oxigénio e da excreção de amónia. Foi reduzida no período anterior à eclosão, aumentou consideravelmente nessa altura e tornou a diminuir, para valores similares aos observados nos ovos, na altura da reabsorção da vesícula vitelina. Finalmente, aumentou novamente nos alevins mantidos em jejum. Entre as duas ploidias não houve diferenças significativas na excreção de ureia.

A evolução da excreção de ureia que observámos na nossa experiência não diferiu grandemente da observada na carpa comum, Cyprinus carpio, por KAUSHIK et al. (1982) e em Coregonus lavaretus, por DABROWSKI et al. (1984).

Os resultados existentes na literatura sobre a excreção de ureia pela truta arco-íris são algo contraditórios.

SMITH (1947) observou um aumento constante da excreção de ureia nos alevins vesiculados, mas considera que os ovos não têm possibilidade de libertar ureia, e atribui a pequena quantidade que detectou nos produtos de excreção dos ovos à libertação de ureia acumulada no fluido perivitelino, devido a lesões no chorion.

RICE E STOKES (1974) verificaram que a ureia se acumulava nos ovos, mas não conseguiram detectar a sua excreção nem pelos ovos nem pelos alevins vesiculados.

Por último, DEPECHE et al. (1979) ao estudarem enzimaticamente a produção e acumulação de ureia durante a embriogénese da truta arco-íris, verificaram que a produção de ureia aumenta durante o desenvolvimento embrionário e diminui, no final deste período, para os valores observados nos adultos. Este aumento da produção de ureia não era, porém, acompanhado da sua acumulação

nos embriões, o que levou estes autores a concluirem que os embriões da truta arco-íris não têm possibilidade de a reter, sendo esta, portanto, excretada.

Nos salmonídeos, estudos sobre a utilização das reservas energéticas endógenas durante a embriogénese mostram que as proteínas são a principal fonte energética usada pelos ovos, enquanto que nos alevins vesiculados a principal fonte energética são os lípidos (HAYES et al., 1949; SMITH, 1957; TAKAHASHI et al., 1978).

No nosso trabalho, a utilização das reservas energéticas endógenas à temperatura de 12 ° C foi ligeiramente diferente nas duas experiências. Na primeira experiência os embriões consumiram uma quantidade de energia ligeiramente superior à da segunda experiência, mas a contribuição da energia proteica para o metabolismo energético foi proporcionalmente menor.

Foi também diferente a utilização dos substratos energéticos pelos ovos e alevins vesiculados, nas duas experiências. Na primeira experiência, as proteínas foram o principal substrato energético utilizado pelos ovos, enquanto nos alevins vesiculados foram os lípidos que contribuiram com a maior parte da energia dispendida. Pelo contrário, na segunda experiência, os lípidos foram a fonte energética mais utilizada tanto pelos ovos como pelos alevins vesiculados.

Esta diferença entre as duas experiências pode ser atribuida, pelo menos parcialmente, a diferenças na composição das reservas vitelinas dos dois grupos de ovos, provenientes de reprodutores diferentes, mas também à diferente metodologia utilizada para dosear o consumo de oxigénio nas duas experiências.

A determinação do quociente de amónia permitiu, no entanto, verificar que, nas duas experiências, a contribuição da energia proteica para o metabolismo energético diminuiu ao longo da embriogénese, só tornando a aumentar pouco antes da absorção completa da vesícula vitelina, ou nessa altura, em consequência, muito provavelmente, da exaustão das outras reservas energéticas endógenas.

A temperatura teve um efeito assinalável sobre o metabolismo do embrião. Tanto o consumo de oxigénio como a excreção de amónia mostraram ser fortemente influenciados pela variação térmica, aumentando com o aumento desta. A excreção de ureia, pelo contrário, não sofreu modificações significativas com a variação da temperatura.

Os valores de Q_{10}, calculados para o consumo de oxigénio e a excreção de amónia, foram maiores nos ovos do que nos alevins vesiculados, o que indica que aqueles são mais sensíveis às variações térmicas do que os alevins.

Os valores de Q_{10} foram também maiores para o consumo de oxigénio do que para a excreção de amónia, o que indica que a utilização dos diferentes substratos energéticos endógenos é influenciada pela temperatura. Com efeito, a utilização metabólica das proteínas aumentou, nas duas ploidias, com a diminuição da temperatura.

Modificações na utilização dos substratos energéticos endógenos com a variação da temperatura foram também observadas, durante a embriogénese, por DABROWSKI E KAUSHIK (1986) no esturjão Acipenser baeri, e por WANG et al. (1987) no esturjão A. transmontanus.

O efeito da temperatura na excreção de amónia foi estudado durante o desenvolvimento dos embriões da carpa comum, C. carpio, por KAUSHIK et al. (1982), que verificaram existir uma relação directa entre a excreção de amónia e a temperatura. O valor de Q_{10}, calculado para os ovos, foi de 2,33 - 2,36, e para as larvas foi de 3,53, o que indica que as larvas da carpa são mais sensíveis às variações térmicas do que os ovos, ao contrário do que aconteceu na nossa experiência, com a truta arco-íris.

Na truta arco-íris, KAMLER E KATO (1983) encontraram um valor de Q_{10} para o consumo de oxigénio de 2,80, durante o período de incubação dos ovos. Este valor difere consideravelmente de 5,79, valor por nós determinado, mas esta diferença pode, no entanto, ser explicada pela diferença de intervalo térmico estudado nos dois casos, e que foi de 5 a 12 °C na nossa experiência e 9 a 14 °C naquela.

Tal interpretação baseia-se no trabalho de MULLER-FEUGA et al. (1978) que indicam que, para a truta arco-íris, o Q_{10} varia com o intervalo térmico considerado, pelo menos nas trutas de peso compreendido entre os 12 e 925 g. Estes autores calcularam um Q_{10} de 3,5 para temperaturas inferiores a 10 °C e 1,7 para temperaturas superiores a 12°C, ou seja, um Q_{10} duas vezes superior para as temperaturas mais baixas, sensivelmente a diferença encontrada entre os nossos resultados e os de KAMLER E KATO (1983).

A diferença entre estes dois valores pode ainda ser devida, pelo menos em parte, ao facto de, no nosso trabalho, termos estudado variações pontuais de temperatura, enquanto KAMLER E KATO (1983) estudaram os efeitos acumulados da temperatura

ao longo do desenvolvimento embrionário.

Em síntese, os resultados expostos neste capítulo mostram que, a nível metabólico, não parece existirem diferenças significativas entre diploides e triploides de truta arco-íris durante a embriogénese.

A temperatura exerceu um efeito considerável no metabolismo dos embriões, e os ovos mostraram-se mais sensíveis às variações térmicas do que os alevins vesiculados.

Parece existir uma relação inversa entre a temperatura e a quantidade de proteínas dispendidas na cobertura das necessidades energéticas dos embriões, o que pode ter implicações na formulação de dietas para a fase de adaptação ao alimento.

5. EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE PROTEÍNAS POR LÍPIDOS NA UTILIZAÇÃO DAS DIETAS POR ALEVINS

5.1. INTRODUÇÃO

Vários autores têm verificado que durante a alevinagem o crescimento das trutas triploides é inferior ao do controlo diploide (CHEVASSUS et al. 1983; SOLAR et al. 1984; QUILLET, 1986), mas não sugerem nenhuma explicação para tal facto.

Parece-nos, por isso, importante continuar o estudo comparativo entre trutas diploides e triploides durante o resto do ciclo de vida de modo a avaliar as consequências da triploidia nas aptidões zootécnicas dos animais e, simultaneamente, procurar encontrar, a nível metabólico, uma explicação para as diferenças que eventualmente se verificarem existir entre os indivíduos das duas ploidias.

Nesse sentido, descrevemos neste capítulo uma experiência na qual pretendemos averiguar se, depois do início da alimentação exógena, a utilização do alimento, e particularmente a utilização das proteínas, será diferente entre as trutas das duas ploidias.

Para os salmonídeos, as recomendações do NRC (1981) indicam que neste período a representação proteica nas dietas deverá ser de 40 % dos nutrientes digeríveis. Porém, parte dessas proteínas são utilizadas para fins energéticos e, dentro de certos limites, é possível reduzir o nível de inclusão proteica

nas dietas, compensando-a com o aumento da incorporação de fontes energéticas convencionais.

Os hidratos de carbono são uma fonte energética barata, e normalmente são incorporados nas dietas para salmonídeos a um nível elevado (HALVER, 1985). Numa experiência que realizámos anteriormente e que descrevemos no capítulo 9 mostrámos que a substituição, nas dietas, do amido cru por amido gelatinizado melhora a eficiência de utilização do alimento e contribui para reduzir os gastos energéticos das proteínas.

Relativamente aos hidratos de carbono, os lípidos têm a vantagem de possuir o dobro do conteúdo energético, fornecerem os ácidos gordos indispensáveis, e serem utilizados mais eficientemente pelos peixes.

Para os salmonídeos, vários estudos têm demonstrado que o aumento do nível de inclusão lipídico nas dietas contribui para minimizar a utilização energética das proteínas, melhorando a sua eficiência de utilização pelos peixes (ATHERTON E AITKEN, 1970; LEE E PUTNAM, 1973; DE LA HIGUERA et al., 1976; WATANABE, 1977; REINITZ et al, 1978; TAKEUCHI et al., 1978a; WATANABE et al., 1979; REINITZ E HITZEL, 1980; GARCIA et al., 1981; FAGERLUND et al., 1983; OGATA E KONNO, 1986; TABACHEK, 1986).

É, assim, aconselhada a incorporação de 10 a 20 % de lípidos nas dietas, de modo a melhorar a eficiência de utilização proteica sem alteração sensível da qualidade das carcaças (NRC, 1981).

LUQUET (1981) apoiando-se no conhecimento actual sobre as necessidades de ácidos aminados da truta arco-íris e em resultados experimentais anteriores (LUQUET, 1971), considera que as

necessidades proteicas da truta arco-íris não deverão ser superiores a 30 % da matéria seca das dietas.

Baseando-nos nesta afirmação, e nos resultados que obtivemos na experiência descrita no capítulo 9, na experiência que passamos a descrever procurámos verificar o efeito da redução, em dietas isoenergéticas, do nível de incorporação proteico de 40 para 30 %, acompanhada do aumento do nível de incorporação lipidíco de 11 para 19 %, no crescimento e utilização do alimento de alevins diploides e triploides de truta arco-íris.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

A experiência teve início 3,5 meses depois da fecundação e foi realizada em duas partes:

1) ensaio de crescimento

2) determinação do consumo de oxigénio e da excreção de amónia e ureia nos alevins em jejum.

A experiência decorreu no sistema termoregulável de recirculação de água, no Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", no Porto, à temperatura constante de 18 ± 0,5 °C.

Os alevins utilizados tinham um peso médio individual de 0,6 g, e foram retirados dos lotes de trutas diploide e triploide constituidos para efectuar a experiência 2 do capítulo 4.

Para cada dieta e ploidia estabeleceram-se dois replicados com 30 alevins, de peso inicial idêntico, que se distribuiram por tanques cilíndricos de 25 l de volume. Os peixes foram pesados individualmente, com a aproximação de 0,01 g, no início e

Tabela 12. Composição das dietas experimentais.

DIETA:	1	2
COMPONENTES (g)		
Farinha de peixe	590	440
Óleo de fígado de bacalhau	80	150
Amido gelatinizado	250	270
Farelo de trigo	30	90
Complexo vitamínico (1)	20	20
Complexo mineral (2)	10	10
Carboximetil celulose	10	10
Óxido de Crômio	10	10
	1000	1000
COMPOSIÇÃO QUÍMICA		
Humidade (%)	10,3	10,8
Proteínas (%)	41,2	29,5
Lípidos (%)	10,7	19,1
Fibras (%)	1,8	2,0
Cinzas (%)	9,1	7,4
Energia bruta ($KJ.g^{-1}$)	22,2	22,1

(1) NRC (1981).

(2) TACON & BEVERIDGE (1982).

no fim da experiência, ou seja, no vigésimo-oitavo dia. No décimo-quarto dia contaram-se e pesaram-se em grupo os peixes de cada lote e ajustou-se ao novo peso a quantidade de alimento distribuido.

Os alevins foram alimentados três vezes ao dia, com uma quantidade diária de alimento equivalente a 5 % do peso do corpo. A composição das dietas experimentais indica-se na tabela 12, e a composição dos ácidos aminados da farinha de peixe que entrou na sua composição indica-se na tabela 13. Como aí se pode verificar, a farinha de peixe era de boa qualidade, não sendo quantitativamente deficiente em nenhum dos ácidos aminados essenciais para esta espécie (OGINO, 1980; TACON E COWEY, 1985).

No fim do ensaio de crescimento transferiram-se os alevins de cada replicado para tanques de metabolismo de 7,6 l de volume útil. Os peixes foram aí mantidos em jejum e, após 4 dias, doseou-se o consumo de oxigénio e a excreção de amónia e ureia, como segue: no início fechou-se a circulação de água nos tanques de metabolismo e retiraram-se amostras de água para análise dos valores iniciais. Seis horas depois retiraram-se novas amostras de água, para doseamento do oxigénio dissolvido e, então, procedeu-se a um arejamento da água com o auxílio de uma bomba de ar munida de pedras difusoras. Passadas 22 horas retiraram-se novas amostras de água para doseamento da amónia e ureia e restabeleceu-se a circulação de água nos tanques, durante duas horas, para proceder à sua renovação e, no fim deste período, reiniciou-se o ciclo.

O consumo de oxigénio foi doseado durante três dias consecutivos e a excreção de azoto durante dois dias consecuti-

Tabela 13. Composição em ácidos aminados das proteínas da farinha de peixe que entrou na composição das dietas experimentais.

ACIDO AMINADO	% DA PROTEÍNA
Ácido Aspártico	8,7
Treonina	4,0
Serina	3,5
Ácido Glutâmico	11,9
Glicina	5,4
Alanina	5,5
Valina	5,0
Metionina	2,8
Isoleucina	4,3
Leucina	7,1
Tirosina	3,5
Fenilalanina	3,9
Lisina	11,4
Histidina	2,8
Arginina	5,6

vos, num total de, respectivamente, 6 e 4 determinações para os alevins de cada ploidia previamente alimentados com cada uma das dietas experimentais.

O oxigénio foi doseado pelo método de WINKLER e a amónia e ureia foram doseadas através de um autoanalizador, conforme descrito na metodologia geral.

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Crescimento e utilização do alimento

Nas duas ploidias, os alevins alimentados com a dieta 1 cresceram consideravelmente melhor do que os alimentados com a dieta 2 (figura 14, tabela 14).

O crescimento dos alevins triploides foi inferior ao dos diploides em ambas as dietas. No fim da experiência, a diferença de peso entre os alevins das duas ploidias alimentados com a dieta 1 foi estatisticamente significativa ($P<0,05$).

Devido a problemas de manutenção da qualidade da água durante a última semana de experiência, a mortalidade foi bastante elevada cifrando-se, como valores médios, em 41,7 - 43,3 % nos alevins alimentados com a dieta 1 e 55 - 61,7 % nos alevins alimentados com a dieta 2 (tabela 14). A diferença de mortalidade entre as trutas das duas ploidias não foi, porém, muito importante.

Reflectindo as diferenças de peso final dos alevins, tanto o índice de crescimento específico como o ganho de peso

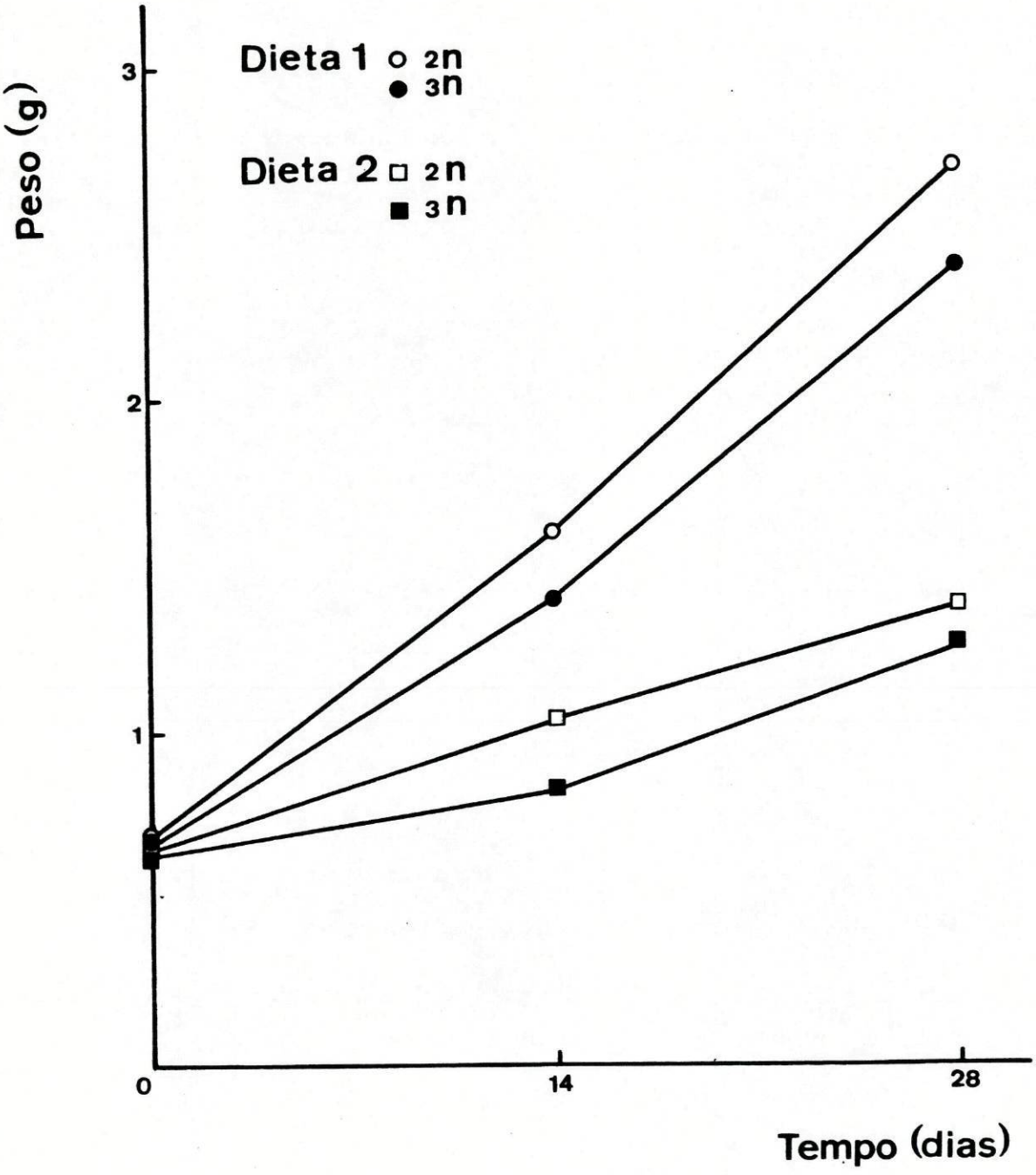


Figura 14. Crescimento médio de alevins diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com as dietas experimentais.

Tabela 14. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de alevins de truta arco-íris alimentados com as dietas experimentais (1).

DIETA:	1		2	
PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n
PESO INICIAL (g)	0,68a	0,66a	0,64a	0,64a
PESO FINAL (g)	2,70a	2,40b	1,38c	1,16c
MORTALIDADE (%)	41,7	43,3	61,7	55,0
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	4,93	4,62	2,72	2,08
GANHO DE PESO DIÁRIO ($g.Kg.^{-1}.dia^{-1}$)	38,5	35,7	20,2	16,0
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	0,72	0,81	1,57	2,26
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	3,41	3,00	2,16	1,55

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

diário foram sensivelmente o dobro nos alevins alimentados com a dieta 1 do que nos alimentados com a dieta 2. Comparando entre ploidias, estes dois parâmetros foram piores nos triploides do que nos diploides (tabela 14).

Os índices de conversão alimentar e de eficiência proteica foram também melhores nos alevins alimentados com a dieta 1 do que nos alimentados com a dieta 2, e nos diploides do que nos triploides (tabela 14).

5.3.2. Composição corporal

O conteúdo proteico dos alevins diminuiu, em percentagem do peso seco, no decurso da experiência, e esta diminuição foi mais acentuada nos alevins alimentados com a dieta 1 do que nos alimentados com a dieta 2. O conteúdo proteico dos alevins triploides era significativamente maior ($P<0,05$) do que o dos diploides, tanto no início como no fim da experiência (tabela 15).

Nos alevins alimentados com a dieta 1 o conteúdo lipídico duplicou, em percentagem do peso seco, entre o início e o fim da experiência enquanto que nos alevins alimentados com a dieta 2 manteve o mesmo valor. O conteúdo lipídico dos alevins não variou significativamente ($P>0,05$) entre as duas ploidias (tabela 15).

O conteúdo energético não variou significativamente ($P>0,05$) entre o início e o fim da experiência, excepto no caso dos alevins triploides alimentados com a dieta 1, nos quais aumentou significativamente ($P<0,05$). Entre as duas ploidias

Tabela 16. Metabolismo respiratório e azotado de alevins diploides e triploides de truta arco-íris após quatro dias de jejum (1).

DIETA:	1		2	
PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n
PESO MÉDIO INDIVIDUAL (g)	2,50	1,64	0,95	0,86
CONSUMO DE OXIGÉNIO ($mg.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	7591,2(621,6)a	8143,2(1142,4)a	11604,0(1898,4)b	9628,8(568,8)b
EXCREÇÃO DE AMÓNIA ($mgN.NH_4.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	530,0(60,0)a	429,7(48,6)a	-	684,3(107,4)b
EXCREÇÃO DE UREIA ($mgN.ureia.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	57,9(14,3)a	57,1(34,5)a	-	75,7(27,3)a
QUOCIENTE DE AMÓNIA	0,159 (0,020)a	0,121 (0,001)b	-	0,162 (0,030)a
ENERGIA PROTEICA (% energia total dispendida no metabolismo)	48,2	36,7	-	46,1

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P 0,05).

não se registaram diferenças significativas ($P>0,05$) no conteúdo energético (tabela 15).

Devido a uma avaria na balança analítica durante a determinação do peso seco, não é possível referir a composição corporal dos alevins em relação ao seu peso fresco. Por insuficiência de amostra, não foi possível determinar o conteúdo lipídico nos alevins diploides alimentados com a dieta 2.

5.3.3. Consumo de oxigénio

O consumo de oxigénio não variou significativamente ($P>0,05$) entre as duas ploidias (tabela 16). As diferenças de consumo de oxigénio entre os alevins previamente alimentados com diferentes dietas experimentais são devidas, essencialmente, às diferenças de peso dos animais.

Na figura 15 representamos graficamente a relação entre o consumo de oxigénio e o peso médio individual. Como as diferenças de consumo de oxigénio não são significativas entre os alevins das duas ploidias, calculámos, para o conjunto dos valores, a seguinte equação, que relaciona o consumo de oxigénio e o peso individual:

$$O_2 = 9,952\ \bar{W}^{0,660} \qquad (R = 0,944 \quad n = 7 \quad P<0,01)$$

em que O_2 representa o consumo de oxigénio, em mg/indivíduo/dia, e $\bar{W}$ representa o peso médio individual, em g.

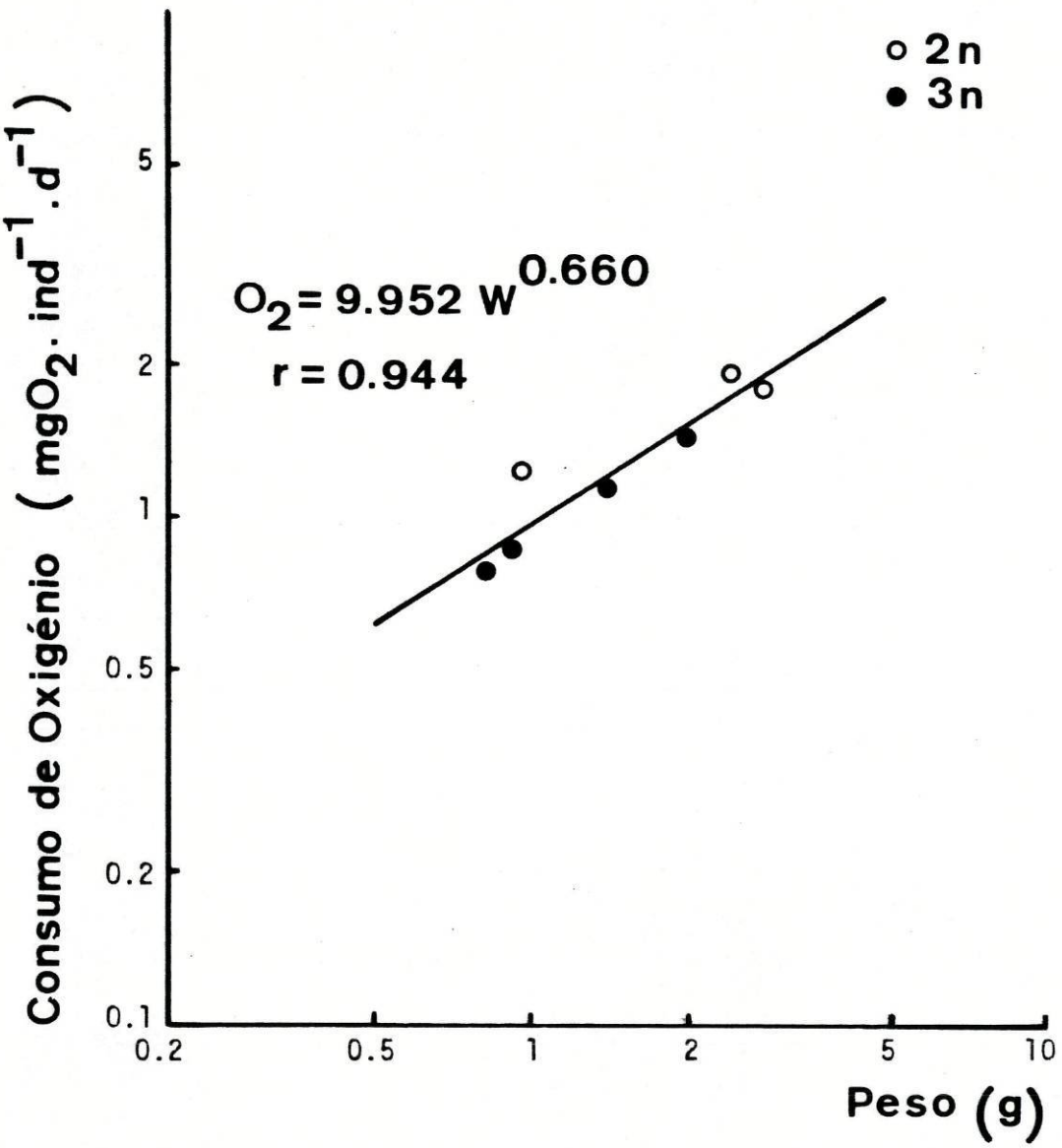


Figura 15. Relação entre o consumo de oxigénio em jejum e o peso de alevins diploides e triploides de truta arco-íris.

5.3.4. Excreção de azoto

A excreção de azoto endógeno foi doseada sob a forma de amónia e ureia (tabela 16).

Nos alevins diploides a excreção de amónia foi 23 % superior à dos triploides mas, estatisticamente, a diferença entre as duas ploidias não foi significativa ($P>0,05$).

A excreção de ureia correspondeu a 10 - 12 % do azoto total excretado sob a forma de amónia e ureia e, estatisticamente, não diferiu nem com a ploidia nem com o peso dos animais ($P>0,05$).

Do mesmo modo que para o consumo de oxigénio, representamos na figura 16, para o conjunto dos valores das duas ploidias, a relação entre a excreção de amónia e o peso médio individual, que é definida pela seguinte equação:

$$NH_4 = 0,610\ W^{0,662} \qquad (R = 0,875 \quad n = 6 \quad P<0,05)$$

em que NH_4 representa a excreção de amónia, em mg $N.NH_4$/indivíduo/dia, e W representa o peso médio individual, em g.

Nos alevins previamente alimentados com a dieta 1, o quociente de amónia foi significativamente maior ($P < 0,05$) nos diploides do que nos triploides (tabela 16). Consequentemente, a percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético dos alevins em jejum foi consideravelmente maior nos diploides do que nos triploides.

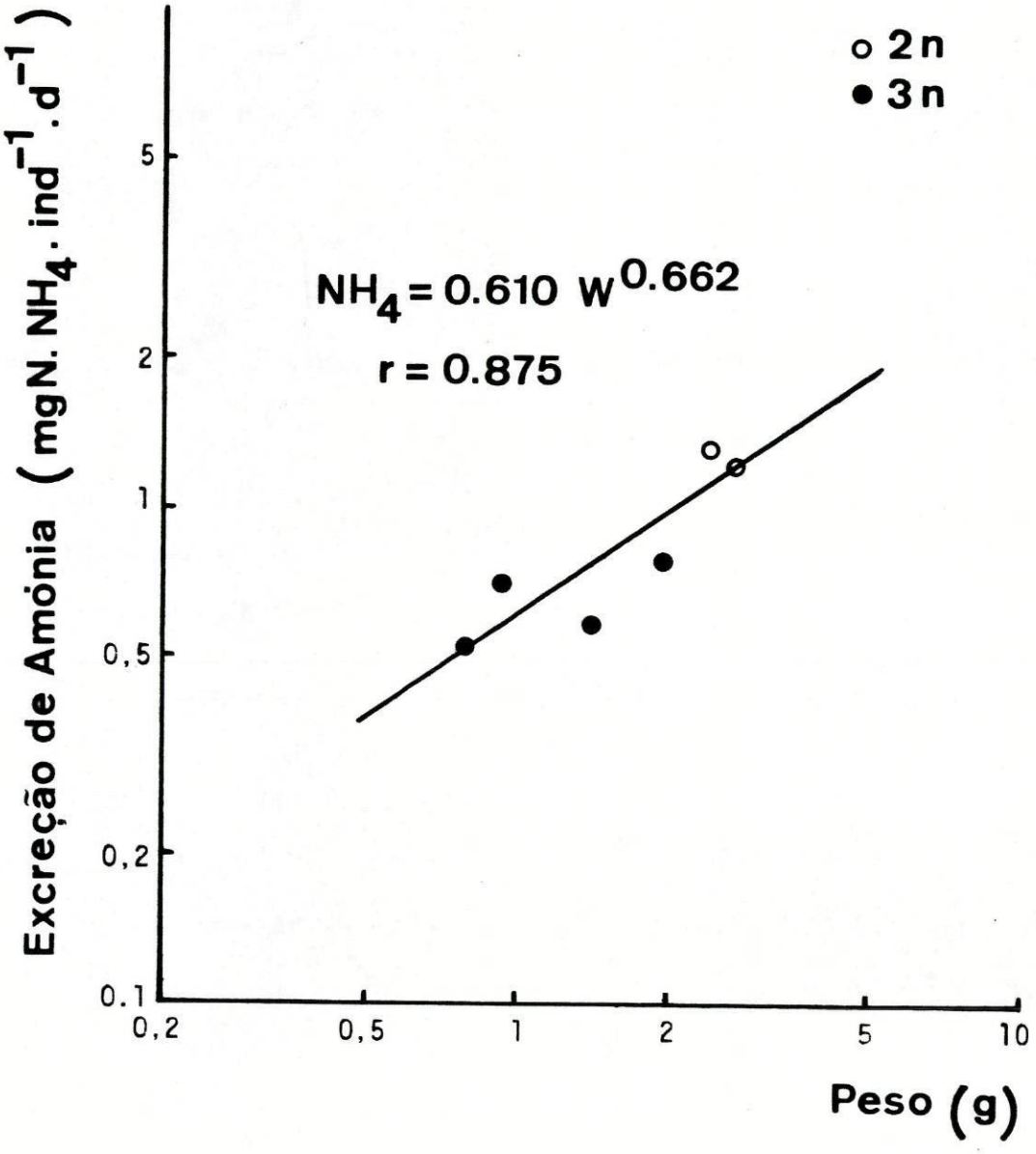


Figura 16. Relação entre a excreção de azoto amoniacal endógeno e o peso de alevins diploides e triploides de truta arco-íris.

5.4. DISCUSSÃO

Nos alevins alimentados com a dieta 1, o crescimento e a utilização do alimento foram satisfatórios, e estão dentro dos valores normalmente encontrados na literatura para alevins desta espécie de peso semelhante (TAKEUSHI et al.1978a; WATANABE et al., 1979; REINITZ E HITZEL, 1980; REINITZ, 1983a, b).

Pelo contrário, nos alevins alimentados com a dieta 2, o crescimento e a utilização do alimento foram muito inferiores àqueles. Visto a farinha de peixe utilizada como fonte proteica ter uma composição equilibrada de ácidos aminados essenciais para esta espécie, estes resultados indicam que o nível de inclusão proteico da dieta 2 parece ser um factor limitativo para o crescimento adequado dos alevins, nas condições experimentais testadas.

Estes resultados opõem-se, aparentemente, aos de LUQUET (1971) que observou um crescimento idêntico de trutas arco-íris de 10 g alimentadas à saciedade com dietas incorporando entre 30 e 60 % de proteínas. Este autor concluiu que as necessidades proteicas desta espécie são inferiores a 30 %.

Resultados idênticos aos nossos foram obtidos por GARCIA et al. (1981), numa experiência com trutas arco-íris de 50 g alimentadas à saciedade, em que as duas dietas testadas continham 45 % de proteínas e 6,2 % de lípidos, e 36 % de proteínas e 16 % de lípidos, respectivamente. Estes autores concluiram que a inclusão de 36 % de proteínas nas dietas para esta espécie é um valor já muito próximo do mínimo necessário para permitir o seu crescimento.

ANDREWS et al.(1972) verificaram, também, que o aumento do conteúdo lipídico de 6 para 12 % nas dietas para a truta arco-íris não proporcionava um crescimento melhor quando o nível proteico das dietas era de 25 %, enquanto que nas dietas que continham 35 % de proteínas o mesmo suplemento lipídico melhorava consideravelmente o crescimento das trutas.

CHO et al.(1976b) verificaram que trutas arco-íris de 3 - 4 g alimentadas com dietas incorporando menos de 40 % de proteínas cresciam mal e convertiam ineficientemente o alimento. Estes autores verificaram ainda, que trutas com peso compreendido entre os 0,7 e 8 g, alimentadas à saciedade com dietas incorporando 40 % de proteínas, tinham um crescimento idêntico ao de trutas alimentadas com dietas incorporando 50 ou 60 % de proteínas. Contudo, quando se restringia o alimento, o crescimento era superior com as dietas que incorporavam maior quantidade de proteínas.

Ainda na truta arco-íris, REINITZ et al. (1978) ao alimentarem alevins de 2 g com dietas incorporando 30 % de proteínas e 7, 11 e 16 % de lípidos, ou 40 % de proteínas e 9, 15 e 21 % de lípidos, a um nível de ingestão equivalente a 4 - 5 % do peso do corpo, verificaram que, nos dois níveis proteicos testados, quanto maior a inclusão lípidica melhor o crescimento, a conversão alimentar e a utilização das proteínas. Nessa experiência, o melhor crescimento foi conseguido com a dieta que continha 40 % de proteínas e 21 % de lípidos, os valores mais elevados de entre os testados.

Ao contrário do que observámos nesta experiência, estes autores obtiveram resultados idênticos com as dietas que incorpo-

ravam 30 % de proteínas e 16 % de lípidos e 40 % de proteínas e 9 % de lípidos, dietas com uma composição química semelhante às nossas.

Comparando os resultados obtidos entre as duas ploidias verificámos que tanto o crescimento como a utilização do alimento foram, com as duas dietas, inferiores nos alevins triploides aos dos alevins diploides.

A mortalidade diferencial que ocorreu entre diploides e triploides durante o desenvolvimento embrionário não se verificou no decurso desta experiência.

A nível de composição corporal, a principal diferença entre os alevins das duas ploidias residiu no conteúdo proteico, que era significativamente maior nos triploides do que nos diploides, tal como já tinhamos observado durante o desenvolvimento embrionário.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados na literatura, para esta espécie, e que indicam que as trutas triploides sofrem uma depressão de crescimento da ordem dos 7 a 10 % em relação aos diploides, entre o início da alimentação exógena e os seis meses de idade (CHEVASSUS et al., 1983; LINCOLN E SCOTT, 1983; SOLAR et al., 1984; QUILLET, 1986). Estes autores deixaram igualmente de notar diferenças de mortalidade entre as trutas das duas ploidias depois da fase de adaptação ao alimento.

Nos alevins em jejum, o consumo de oxigénio entre diploides e triploides não foi significativamente diferente.

O expoente 0,660, que relaciona o consumo de oxigénio com o peso dos alevins, foi consideravelmente menor do que os expoentes calculados para esta espécie por SMITH et al. (1978) em

alevins de 0,7 a 4 g e por WEISER (1985) em alevins de 0,08 a 7 g, e que são, respectivamente, 0,998 e 0,93 - 0,96. Contudo, nesses estudos, os peixes jejuaram somente 24 h antes da determinação do metabolismo respiratório, enquanto no nosso caso jejuaram entre quatro a seis dias, o que tem certamente influência nos resultados, pois a taxa metabólica tem tendência a diminuir com o aumento do período de jejum.

De facto, vários autores verificaram, em salmonídeos, que o expoente de peso diminuiu com a diminuição da taxa metabólica (BRETT E GLASS, 1973; ELLIOTT, 1976b; STAPLES E NOMURA, 1976). Em trutas arco-íris de pesos compreendidos entre os 2 g e os 1600 g, STAPLES E NOMURA (1976) verificaram que o expoente de peso diminuiu de 0,813, nos peixes alimentados à saciedade, para 0,654, nos peixes em jejum, e este último valor é da mesma ordem de grandeza do expoente que calculámos nesta expriência.

A excreção de azoto amoniacal endógeno também não variou significativamente com a ploidia, apesar de, em média, ser inferior nos peixes triploides.

O expoente 0,662, que relaciona a excreção de amónia com o peso dos alevins, não difere grandemente do calculado por PAULSON (1980) em trutas de 15 a 154 g, no intervalo térmico de 11 a 21°C, e que foi 0,62.

Na nossa experiência, a quantidade de ureia excretada pelos alevins em jejum correspondeu a 10 - 12 % do azoto total excretado sob a forma de amónia e ureia. Esta percentagem foi inferior à normalmente encontrada na literatura para trutas desta espécie mas de tamanho superior, e que varia entre os 25 e os 40 % (FROMM, 1963; OLSON E FROMM, 1971; KAUSHIK, 1980), mas

é identica à que observámos nos alevins vesiculados.

Em síntese, estes resultados mostram que, nos alevins em jejum, não parecem ser importantes as diferenças entre as duas ploidias no metabolismo respiratório e na excreção de azoto. No entanto, os alevins diploides utilizaram uma maior proporção de proteínas no metabolismo energético do que os triploides.

O ensaio de crescimento mostrou-nos, contudo, que os alevins diploides cresceram melhor e utilizaram mais eficientemente o alimento do que os triploides, o que nos leva a concluir que devem existir diferenças entre as duas ploidias na utilização metabólica dos substratos energéticos de origem exógena, que nos propomos a avaliar no capítulo seguinte, em juvenis.

6. CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO DO ALIMENTO POR JUVENIS

6.1. INTRODUÇÃO

No capítulo anterior verificámos que, durante a alevinagem, o crescimento das trutas diploides foi ligeiramente melhor que o das trutas triploides, facto que atribuímos à existência de diferenças entre as duas ploidias na utilização metabólica do alimento.

Pretendemos, por isso, avaliar neste capítulo se posteriormente, mas ainda no período imaturo, continuam a registar-se diferenças entre as trutas das duas ploidias.

Realizámos para esse efeito dois ensaios de crescimento, que descrevemos em 6.2., nos quais comparámos o efeito da ploidia no rendimento zootécnico de juvenis de truta arco-íris. A primeira experiência foi realizada com juvenis (0^+) de peso médio individual compreendido no intervalo de pesos existente nas truticulturas de exploração tradicional. A segunda experiência foi realizada com juvenis (1^+), considerados já de grande tamanho.

Paralelamente efectuámos outras duas experiências, que descrevemos em 6.3., com trutas arco-íris das mesmas classes etárias e pesos idênticos ao dos animais utilizados nos ensaios de crescimento descritos em 6.2., e em que comparámos a utilização metabólica das dietas pelos indivíduos das duas ploidias.

As diferenças entre os peixes diploides e triploides

têm sido atribuidas ao estado triploide em si, em consequência de modificações fisiológicas associadas à diferente carga genética e às diferenças de tamanho das células, mas também ao choque térmico aplicado para induzir a triploidia que, além de provocar a desnaturação das proteínas do fuso acromático, poderia ocasionar alterações prejudiciais em estruturas vizinhas (CHEVASSUS, 1986).

No intuito de contribuirmos para a elucidação destas hipóteses comparámos ainda, em juvenis 0^{+}, a utilização metabólica das dietas por trutas triploides obtidas do modo convencional (choque térmico) e trutas triploides obtidas pelo cruzamento de progenitores diploides e tetraploides.

Tabela 17. Composição química das dietas utilizadas nas experiências 1 e 2.

EXPERIÊNCIA	1	2
HUMIDADE (%)	7,8	10,1
PROTEÍNAS(%)	46,4	41,8
LÍPIDOS (%)	17,3	9,9
CINZAS (%)	11,1	14,1
ENERGIA BRUTA ($KJ.g^{-1}$)	23,1	22,3

6.2. ENSAIOS DE CRESCIMENTO

6.2.1. MATERIAL E MÉTODOS

As duas experiências decorreram na Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada, em jaulas flutuantes de 550 l de volume útil, conforme o protocolo descrito na metodologia geral.

Ambas as experiências foram realizadas com triplicados de 20 trutas arco-íris, Salmo gairdneri, de cada ploidia, retiradas das populações stock diploide e triploide estabuladas na albufeira da Caniçada.

Na primeira experiência utilizaram-se trutas arco-íris de 8 meses de idade e peso médio individual de 40 g, que foram alimentadas com uma dieta comercial cuja composição química se indica na tabela 17. Esta dieta era distribuida três vezes ao dia numa quantidade diária equivalente a 2 % do peso do corpo. A experiência teve a duração de 41 dias e a temperatura da água durante esse período foi, em média, de 17,5 ° C.

Na segunda experiência utilizaram-se trutas arco-íris com 14 meses de idade e peso médio individual de 200 g, que foram alimentadas com uma dieta comercial, cuja composição química se indica também na tabela 17. Esta dieta era distribuida duas vezes ao dia, numa quantidade diária equivalente a 2 % do peso do corpo. A experiência teve a duração de 80 dias e a temperatura da água durante esse período foi, em média, de 15,3 ° C.

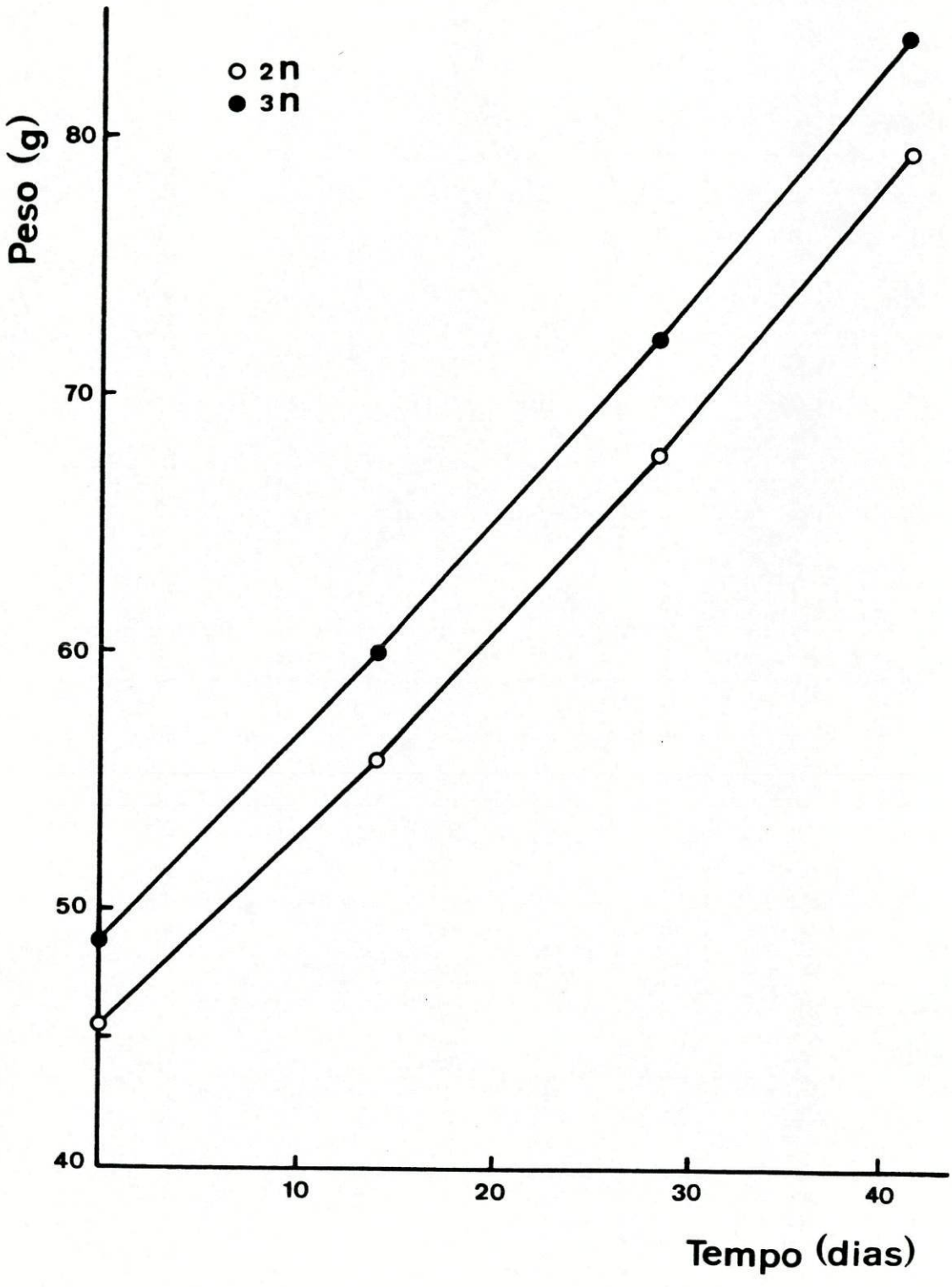


Figura 17. Crescimento médio de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris durante a experiência.

No fim da experiência e no dia de pesagem imediatamente anterior, retiraram-se fezes das trutas dos vários lotes, para determinação da digestibilidade aparente da dieta.

6.2.2. RESULTADOS

6.2.2.1. EXPERIÊNCIA 1.

6.2.2.1.1. Crescimento e utilização do alimento

O peso final das trutas diploides e triploides foi idêntico (figura 17, tabela 18). O índice de crescimento específico foi também idêntico nas duas ploidias, mas o ganho diário de peso foi ligeiramente melhor nas trutas diploides (tabela 18).

A mortalidade das trutas triploides foi superior à das trutas diploides (tabela 18).

O índice de conversão alimentar e o índice de eficiência proteica foram idênticos nas duas ploidias, mas a retenção azotada e energética foram melhores nas trutas triploides do que nas diploides (tabela 18).

6.2.2.1.2. Índice visceral e composição corporal

O índice visceral foi significativamente maior ($P<0,05$) nas trutas diploides do que nas triploides no início da experiência, mas a diferença entre as duas ploidias anulou-se no fim da experiência (tabela 19).

Tabela 18. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

PLOIDIA	2n	3n
PESO INICIAL (g)	45,5 a	48,8 a
PESO FINAL (g)	79,6 a	84,1 a
MORTALIDADE (%)	3,3	15,0
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	1,37	1,33
GANHO DE PESO DIÁRIO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	13,2	12,3
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	0,88	0,90
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	2,47	2,41
RETENÇÃO AZOTADA (% do azoto ingerido)	37,4	40,0
RETENÇÃO ENERGÉTICA (% energia ingerida)	35,0	45,6

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

Tabela 19. Índice visceral e composição corporal (em percentagem do peso fresco) de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris, no início e fim da experiência (1).

	INICIAL		FINAL	
PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n
ÍNDICE VISCERAL (%)	14,8(2,7)a	11,1(0,7)b	10,3(1,0)b	10,6(1,2)b
HUMIDADE (%)	69,9(1,2)b	71,5(1,3)ab	71,6(1,7)a	70,0(1,4)b
PROTEÍNAS (%)	14,7(0,2)b	14,6(0,4)b	14,9(0,6)ab	15,4(0,5)a
LÍPIDOS (%)	9,7(0,2)a	8,7(0,1)bc	8,3(0,8)c	9,3(0,5)ab
CINZAS (%)	3,1(0,3)a	2,5(0,2)b	2,4(0,1)bc	2,3(0,1)c
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	7,3(0,2)ab	6,8(0,3)c	7,1(0,5)b	7,7(0,5)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

A percentagem de humidade corporal era idêntica nas trutas das duas ploidias no início da experiência ($P>0,05$) mas, no fim da experiência, era significativamente maior ($P<0,05$) nas trutas triploides (tabela 19).

O conteúdo proteico também era idêntico nas trutas das duas ploidias tanto no início como no final da experiência ($P>0,05$) (tabela 19).

O conteúdo lipídico variou de modo inverso ao do conteúdo em água e foi significativamente diferente ($P<0,05$) entre as trutas das duas ploidias mas, enquanto no início da experiência era maior nos diploides, no fim da experiência passou-se o contrário (tabela 19).

No início da experiência, o conteúdo em cinzas era significativamente maior ($P<0,05$) nas trutas diploides do que nas triploides, mas a diferença entre as duas ploidias anulou-se no fim da experiência ($P>0,05$) (tabela 19).

O conteúdo energético diferiu significativamente ($P<0,05$) entre as trutas das duas ploidias tanto no início como no final da experiência mas, enquanto nos diploides não variou entre o início e fim da experiência, nos triploides aumentou significativamente ($P<0,05$) (tabela 19).

6.2.2.2. EXPERIÊNCIA 2.

6.2.2.2.1. Crescimento e utilização do alimento

Nesta experiência, apesar de as diferenças de peso entre as trutas das duas ploidias não serem muito importantes, o peso final das trutas diploides foi significativamente maior do que o das trutas triploides ($P<0,05$) (figura 18, tabela 20).

O índice de crescimento específico e o ganho de peso diário foram também ligeiramente melhores nas trutas diploides do que nas triploides (tabela 20).

Nesta experiência a mortalidade foi quase nula, limitando-se a um indivíduo num dos lotes triploides (tabela 20).

O índice de conversão alimentar e o índice de eficiência proteica foram melhores nas trutas diploides do que nas triploides, o mesmo acontecendo em relação à retenção energética e azotada (tabela 20).

6.2.2.2.2. Índice visceral e índice hepatossomático

O índice visceral variou entre 11,4 e 14,3 % e não diferiu significativamente ($P>0,05$) nem entre as duas ploidias nem entre o início e o fim da experiência (tabela 21).

O índice hepatossomático variou entre 1 e 1,4 % e também não diferiu significativamente ($P>0,05$) entre as trutas das duas ploidias, mas aumentou entre o início e o fim da experiência, e esse aumento foi estatisticamente significativo ($P<0,05$) nas trutas triploides (tabela 21).

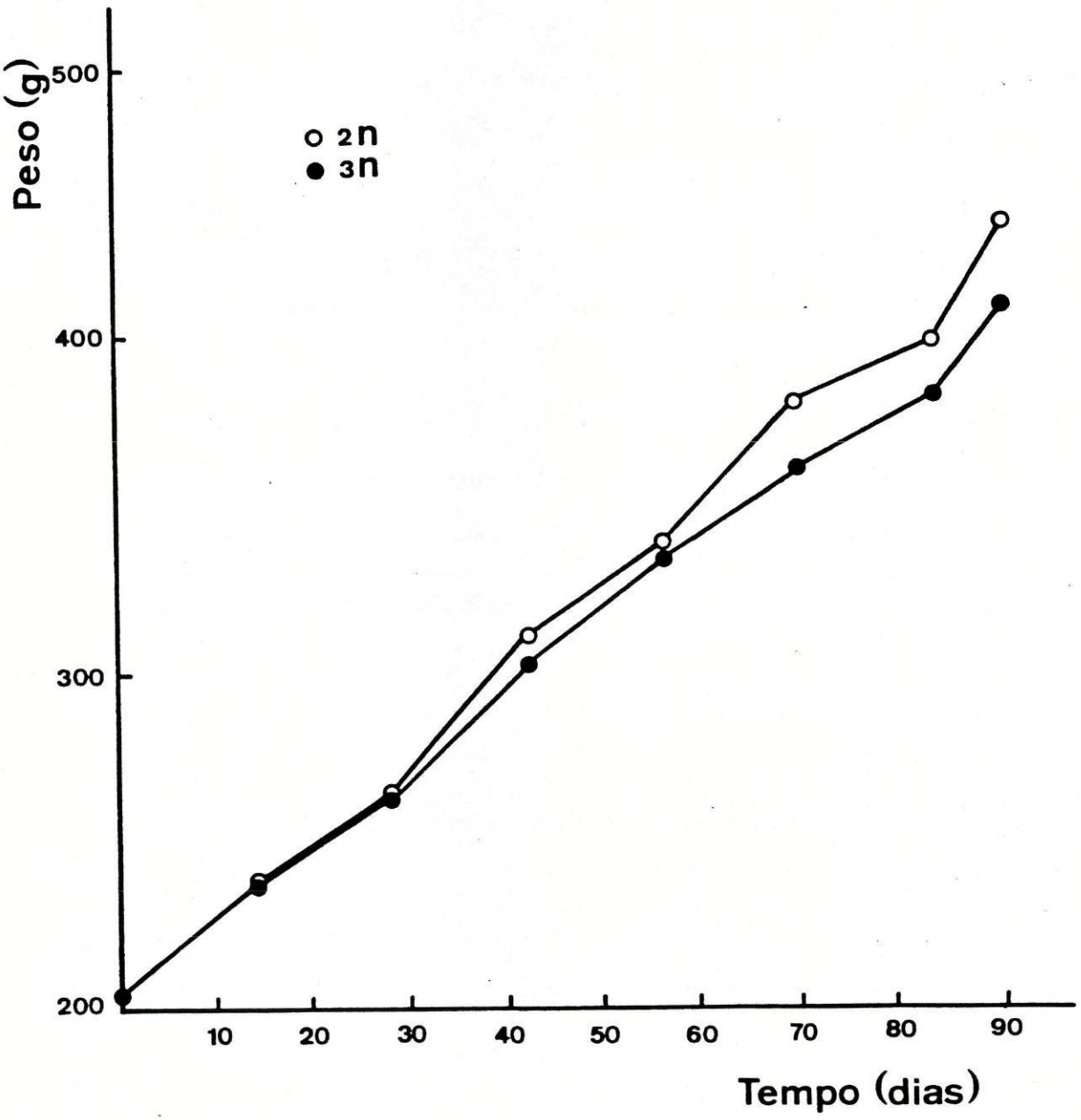


Figura 18. Crescimento médio de juvenis 1^{+} diploides e triploides de truta arco-íris durante a experiência.

Tabela 20. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de juvenis 1^{+} diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

PLOIDIA:	2n	3n
PESO INICIAL (g)	204,6 a	203,9 a
PESO FINAL (g)	434,6 a	409,6 b
MORTALIDADE (%)	0	1,7
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	0,94	0,87
GANHO DE PESO DIÁRIO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	8,6	8,0
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	1,94	2,22
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	1,23	1,08
RETENÇÃO AZOTADA (% do azoto ingerido)	22,8	13,8
RETENÇÃO ENERGÉTICA (% da energia ingerida)	21,8	17,3

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

Tabela 21. Índice visceral, índice hepatossomático e composição corporal (em percentagem do peso fresco) de juvenis 1^{+} diploides e triploides de truta arco-íris no início e fim da experiência (1).

	INICIAL		FINAL	
PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n
ÍNDICE VISCERAL (%)	11,4(1,9)a	12,1(2,4)a	13,5(1,8)a	14,3(2,5)a
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,29(0,23)ab	1,05(0,24)b	1,36(0,18)ab	1,44(0,32)a
HUMIDADE (%)	62,7(3,9)a	58,4(5,2)b	62,9(1,0)a	63,7(1,3)a
PROTEÍNAS (%)	23,0(1,2)b	26,7(1,2)a	20,7(0,7)c	19,8(0,7)c
LÍPIDOS (%)	8,7(1,2)b	9,4(1,1)b	11,2(0,9)a	11,4(0,8)a
CINZAS (%)	3,3(0,1)b	3,7(0,2)a	2,8(0,3)c	3,2(0,4)b
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	9,3(0,4)b	9,9(0,4)a	9,4(0,5)b	9,2(0,4)b

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

6.2.2.2.3. Composição corporal

A percentagem de humidade corporal foi significativamente diferente ($P<0,05$) entre as trutas das duas ploidias no início, mas não no fim da experiência ($P>0,05$) (tabela 21). No fim da experiência, a percentagem de humidade corporal aumentou significativamente ($P<0,05$) em relação aos valores iniciais nas trutas triploides mas não nas diploides ($P<0,05$).

O conteúdo proteico diminuiu significativamente ($P<0,05$) entre o início e o fim da experiência nas trutas das duas ploidias mas, enquanto no início da experiência era significativamente maior nas trutas triploides ($P<0,05$) do que nas diploides, no fim da experiência as diferenças entre as duas ploidias não eram significativas ($P>0,05$) (tabela 21).

O conteúdo lipídico variou de modo inverso ao proteico; aumentou significativamente ($P<0,05$) entre o início e fim da experiência, mas não foi estatisticamente diferente entre as duas ploidias ($P>0,05$) (tabela 21).

A percentagem de cinzas diminuiu significativamente ($P<0,05$) entre o início e o fim da experiência e foi significativamente maior nos triploides ($P<0,05$) do que nos diploides (tabela 21).

O conteúdo energético foi significativamente diferente entre as duas ploidias no início ($P<0,05$), mas não no fim da experiência ($P < 0,05$) (tabela 21). Nos diploides, o conteúdo energético não variou significativamente ($P<0,05$) entre o início e o fim da experiência, enquanto nos triploides diminuiu significativamente ($P<0,05$).

6.2.2.2.4. Digestibilidade aparente das dietas

A digestibilidade aparente da matéria seca foi muito reduzida e foi estatisticamente maior ($P<0,05$) nos triploides do que nos diploides. A digestibilidade aparente das proteínas foi de aproximadamente 75 % e a da energia 54 %, e não foram estatisticamente diferentes entre as duas ploidias ($P>0,05$) (tabela 22).

Tabela 22. Digestibilidade aparente da dieta experimental (1).

PLOIDIA:	2n	3n
MATÉRIA SECA (%)	36,4(1,5)b	39,2(2,6)a
PROTEÍNAS (%)	75,4(0,8)a	74,6(2,4)a
ENERGIA (%)	53,8(5,0)a	54,7(3,9)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

6.2.3. DISCUSSÃO

O crescimento dos juvenis triploides 0^+ foi idêntico ao dos diploides, mas nos juvenis 1^+ o crescimento dos triploides foi inferior ao dos diploides, apesar de as diferenças de peso entre os indivíduos das duas ploidias não terem sido muito impor-

tantes.

Estes resultados estão, em parte, de acordo com os descritos na literatura, em casos onde a comparação entre diploides e triploides se efectuou em peixes de peso inicial idêntico.

BRICOUT (1983) constatou que era idêntico o crescimento de juvenis diploides e triploides de truta arco-íris de pesos compreendidos entre os 10 e 40 g e que recebiam a mesma quantidade de alimento. Pelo contrário, nas trutas alimentadas à saciedade, o crescimento dos diploides era superior ao dos triploides.

Em diploides e triploides do salmão do Atlântico, Salmo salar, alimentados à saciedade, BENFEY E SUTTERLIN (1984b) não observaram diferenças de crescimento entre os 9 e os 18 meses de idade. O mesmo se tem verificado noutras espécies, como por exemplo na carpa comum, Cyprinus carpio (GERVAI et al., 1980), no peixe gato americano, Ictalurus punctatus (WOLTERS et al., 1982), no peixe gato africano, Clarias gariepinus (RICHTER et al., 1986), na tilapia, Oreochromis nilotica (SHAH E BEARDMORE, 1986) e no esturjão Acipenser transmontanus (KOWTAL E CHER, 1986).

No que se refere à utilização do alimento, nos juvenis 0^{+} tanto o índice de conversão alimentar como o índice de eficiência proteica foram idênticos nas duas ploidias, enquanto que nos juvenis 1^{+} estes dois índices de utilização do alimento foram ligeiramente melhores nos diploides do que nos triploides.

O tipo de crescimento, expresso em termos de retenção energética e azotada, foi contudo diferente tanto entre as duas ploidias como entre os dois períodos experimentais.

A confrontação destes resultados com os existentes na literatura torna-se difícil, visto que, exceptuando o trabalho já

referido de BRICOUT (1983), não temos conhecimento de outros em que se tivesse recolhido informação sobre a utilização do alimento de peixes triploides unicamente durante o período imaturo.

RICHTER et al. (1986) verificaram que o crescimento e a conversão alimentar no peixe gato africano, C. gariepinus, eram idênticos nas duas ploidias tanto no período imaturo como durante a maturação sexual, mas o tipo de crescimento era diferente, pois os triploides depositaram nas carcaças menos proteínas e mais lípidos do que os diploides.

Por outro lado, WOLTERS et al. (1982) indicam que no peixe gato americano, I. punctatus, o crescimento foi melhor e a utilização do alimento foi mais eficiente nos triploides do que nos diploides durante o período em estudo, mas no fim da experiência já os peixes diploides estavam sexualmente maduros.

Nas nossas experiências, as diferenças na composição corporal entre as trutas das duas ploidias não foram consistentes: anularam-se ou inverteram o seu sentido entre o início e fim das experiências ou entre os dois períodos experimentais.

O índice visceral e o índice hepatossomático não variaram grandemente entre as duas ploidias, excepto no início da primeira experiência, em que o índice visceral era significativamente maior nos diploides do que nos triploides.

Também na truta arco-iris, QUILLET (1986) não detectou diferenças entre as duas ploidias no que se refere ao índice visceral, à percentagem de humidade corporal e ao conteúdo lipídico de trutas imaturas de dois anos de idade, e CHOUBERT E BLANC (1985) não detectaram diferenças entre as duas ploidias na capacidade de fixação de pigmentos carotenóides pelos juvenis.

No peixe vermelho, Carassius auratus langodorfi, a composição química do músculo também não era diferente entre diploides e triploides (SEZAKI et al., 1983).

A determinação da digestibilidade aparente das proteínas e da energia pelos juvenis 1^{+} mostrou que, a esse nível, não são significativas as diferenças entre as duas ploidias.

O conjunto dos resultados expostos leva-nos a concluir que, do ponto de vista zootécnico, não parecem ser muito importantes as diferenças entre ploidias durante o período juvenil, apesar de o crescimento e a utilização do alimento se terem mostrado ligeiramente melhores nas trutas diploides do que nas triploides.

O tipo de crescimento, medido em termos de retenção energética e azotada, não foi contudo o mesmo nas duas ploidias, o que sugere a existência de diferenças entre elas na utilização metabólica do alimento, que nos propomos verificar em seguida.

6.3. UTILIZAÇÃO METABÓLICA DAS DIETAS

6.3.1. MATERIAL E MÉTODOS

A primeira experiência foi realizada em França, no sistema termoregulável de recirculação de água do laboratório de nutrição de peixes do I.N.R.A., em St. Pée-sur-Nivelle.

As trutas arco-íris, Salmo gairdneri, utilizadas nesta experiência foram obtidas por BLANC et al. (1987) e consistiam nos seguintes grupos: triploides (3n), produzidos do modo convencional, pela aplicação de um choque térmico a quente (CHOURROUT E QUILLET, 1982); triploides (3n/4n), produzidos pelo cruzamento de machos tetraploides (CHOURROUT et al., 1986) com fêmeas diploides; diploides (2n), que serviram de controlo.

Adaptaram-se às condições experimentais 15 trutas de cada grupo, com peso médio individual de 36 - 40 g, que foram pesadas individualmente no início da experiência e introduzidas em tanques cilíndrico-cónicos de 60 l de volume útil.

Os peixes foram alimentados uma vez ao dia (tempo 0), com uma quantidade de alimento equivalente a 2,5 % do peso do corpo. O alimento utilizado foi uma dieta comercial que continha 48,2 % de proteínas e uma energia bruta de 19,2 KJ/g.

A adaptação às condições experimentais durou uma semana. No fim deste período doseou-se a excreção de amónia, em contínuo, durante 3 dias consecutivos, através de um autoanalizador, conforme descrito na metodologia geral. Simultaneamente

doseou-se o consumo de oxigénio, com um eléctrodo potenciométrico de oxigénio (PONSELLE), 8 vezes ao dia, com início no momento da distribuição do alimento, uma hora depois e, em seguida, de 2 em 2 horas.

As trutas foram então privadas de alimento durante 6 dias e em seguida doseou-se, durante um ciclo diário, a excreção de amónia e o consumo de oxigénio nos peixes em jejum.

Na segunda experiência utilizaram-se trutas arco-íris, Salmo gairdneri, retiradas das populações stock diploide e triploide estabuladas na albufeira da Caniçada.

A experiência decorreu no sistema termoregulável de recirculação de água do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", no Porto, em tanques de 40 l de volume. Em cada tanque foram colocadas duas trutas com um peso médio individual de 300 g, tendo-se constituido um replicado de cada ploidia. As trutas foram alimentadas com a dieta utilizada no ensaio de crescimento com os juvenis 1^{+}, e a sua composição química indica-se na tabela 17.

Adaptaram-se as trutas às condições experimentais durante uma semana mas, devido à exiguidade do espaço, recusaram-se a comer. Forçámo-las, por isso, a ingerir, uma vez ao dia (tempo 0), após anestesia, uma quantidade de alimento correspondente a 1,5 % do peso do corpo, através de uma cânula esofágica.

Alimentaram-se os peixes deste modo durante 5 dias consecutivos e, nos últimos dois dias, doseou-se o consumo de oxigénio e a excreção de amónia, 8 vezes ao dia, com início no momento da distribuição do alimento, uma hora depois e, em seguida, de 2 em 2 horas.

As trutas foram então privadas de alimento durante 6

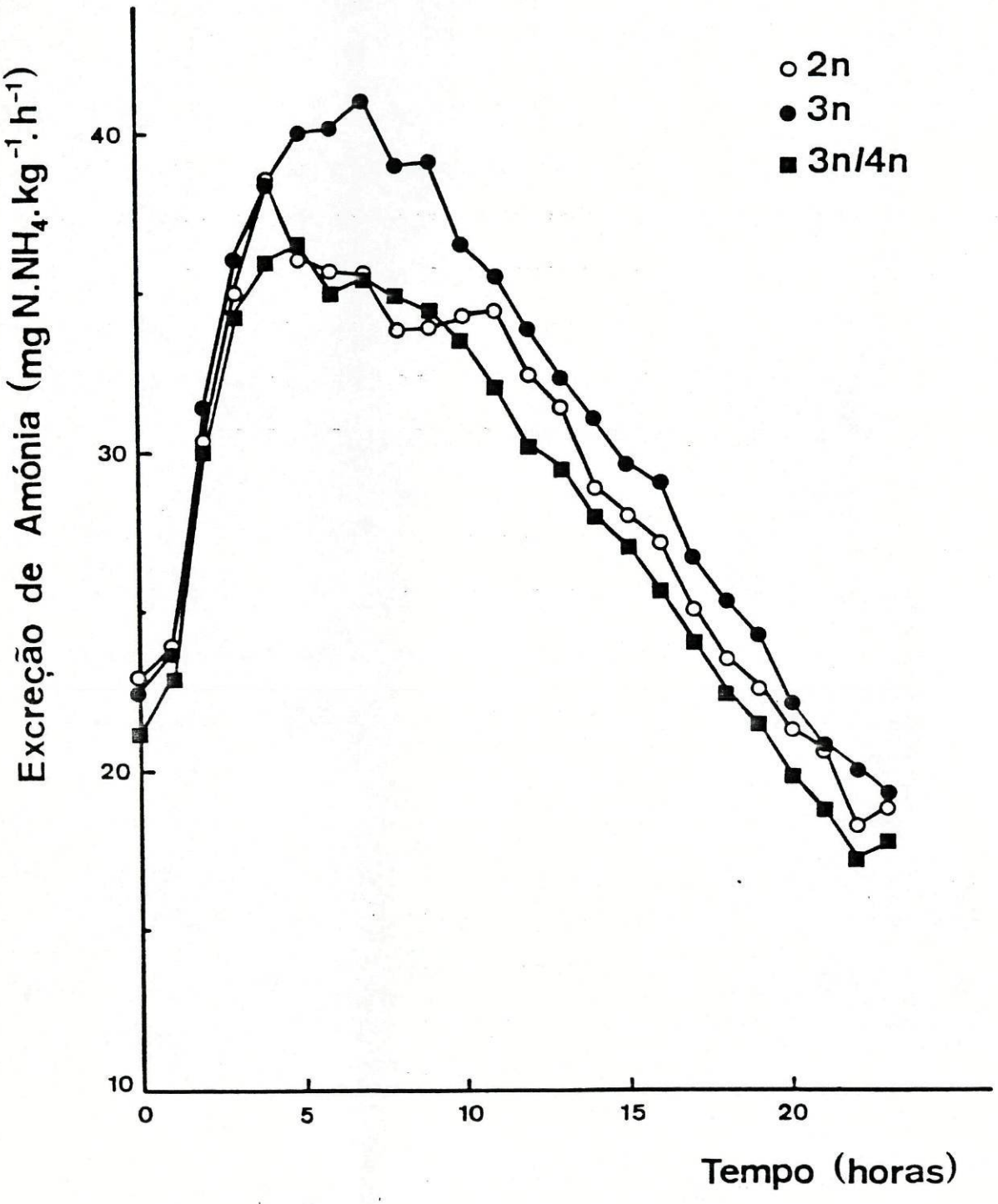


Figura 19. Variação diária da excreção de amónia pós-prandial de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris.

dias e, em seguida, doseou-se, durante um ciclo diário, o consumo de oxigénio e a excreção de amónia, nos peixes em jejum.

O oxigénio foi doseado pelo método de WINKLER, e a amónia através de um autoanalizador, conforme descrito na metodologia geral.

6.3.2 RESULTADOS

6.3.2.1. EXPERIÊNCIA 1.

6.3.2.1.1. Excreção de amónia

A excreção de amónia pós-prandial evoluiu de modo idêntico nos três grupos experimentais (figura 19). Após a ingestão do alimento aumentou rapidamente até atingir um máximo, 4 a 5 horas depois, e assim se manteve durante aproximadamente 6 horas. Em seguida começou a diminuir até ao momento da nova ingestão de alimento.

Em valores absolutos, a excreção diária de amónia pelas trutas alimentadas não diferiu significativamente ($P>0,05$) entre os três grupos experimentais (tabela 23).

Em percentagem do azoto ingerido, a excreção de amónia foi de 40,6 - 42,2 % nas trutas triploides e de 50,6 % nas diploides, mas esta diferença entre as duas ploidias não se mostrou estatisticamente significativa ($P>0,05$) (tabela 23).

Nas trutas em jejum, a excreção de azoto amoniacal endógeno foi de 174 - 189 mg/Kg/dia, e não variou grandemente

Tabela 23. Excreção de amónia de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

GRUPO	EXCREÇÃO DE AMÓNIA ($mgN.NH_4.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	(% N ingerido)
2n	692,6(138,2)a	50,6(14,9)a
3n	738,0(123,1)a	40,6(2,9)a
3n/4n	668,6(90,8)a	42,2(9,0)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

Tabela 24. Consumo de oxigénio e acção dinâmica específica (SDA), em percentagem de energia ingerida (EI), de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

GRUPO	CONSUMO DE OXIGÉNIO ($mg.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	SDA (%EI)
2n	7192,2(141,0)a	5,6(0,5)a
3n	8717,4(294,0)b	8,6(1,8)a
3n/4n	7816,2(716,0)ab	7,0(0,6)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

entre os três grupos experimentais.

6.3.2.1.2. Consumo de oxigénio

Tal como a excreção de amónia, o consumo de oxigénio pós-prandial também evoluiu de modo idêntico nos três grupos experimentais (figura 20). Aumentou imediatamente depois da ingestão de alimento, manteve-se elevado durante 7 a 9 horas e, em seguida, começou a diminuir até ao momento da nova distribuição do alimento.

Em valores absolutos, o consumo de oxigénio nas trutas alimentadas foi significativamente menor ($P<0,05$) no grupo 2n do que no grupo 3n. Por sua vez, o consumo de oxigénio do grupo 3n/4n não diferiu significativamente ($P>0,05$) nem do outro grupo triploide nem do grupo diploide (tabela 24).

A acção dinâmica específica, medida em percentagem da energia ingerida, foi maior nos triploides do que nos diploides, mas a diferença entre as duas ploidias não foi estatisticamente significativa ($P>0,05$) (tabela 24).

Nas trutas mantidas em jejum, o consumo de oxigénio foi de 5,1 - 5,7 g/Kg/dia, e não variou de forma assinalável entre os três grupos experimentais.

O quociente de amónia foi, nas trutas alimentadas, significativamente maior ($P<0,05$) nos diploides do que nos dois grupos triploides, o que indica que a contribuição da energia proteica para o metabolismo energético foi mais importante nos diploides do que nos triploides (tabela 25).

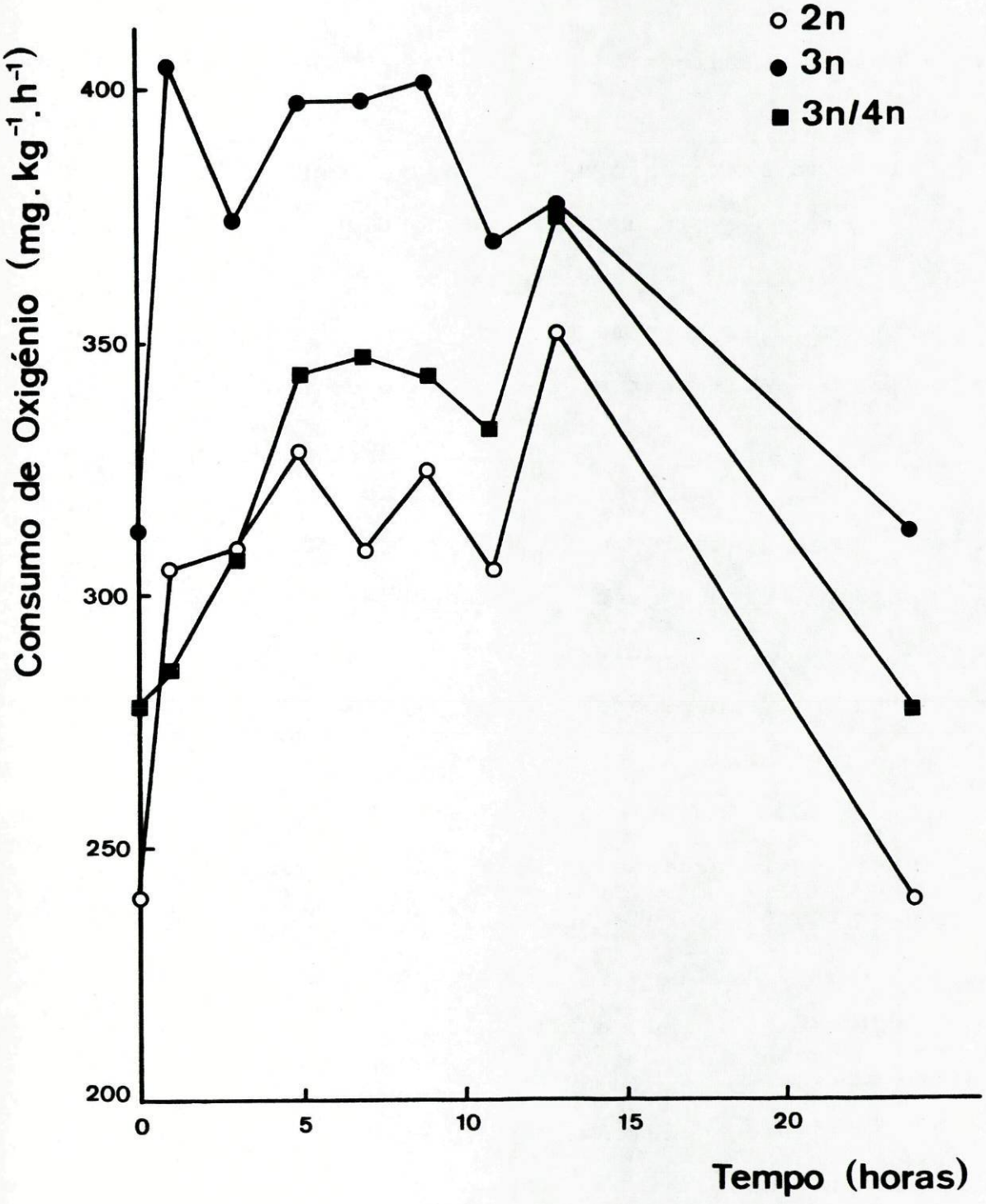


Figura 20. Variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris.

Tabela 25. Quociente de amónia (A.Q.) e percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético de juvenis 0^{+} diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

GRUPO	A.Q.	ENERGIA PROTEICA (% da energia dispendida no metabolismo)
2n	0,156(0,012)a	46,4
3n	0,117(0,020)b	34,8
3n/4n	0,122(0,014)b	36,4

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

Tabela 26. Excreção de amónia de juvenis 1^{+} diploides e triploides de truta arco-íris, alimentados com a dieta experimental (1).

PLOIDIA	EXCREÇÃO DE AMÓNIA ($mgN.NH_4.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	(% N ingerido)
2n	172,0(14,7)a	25,9(2,1)a
3n	154,2(16,5)a	23,2(7,6)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

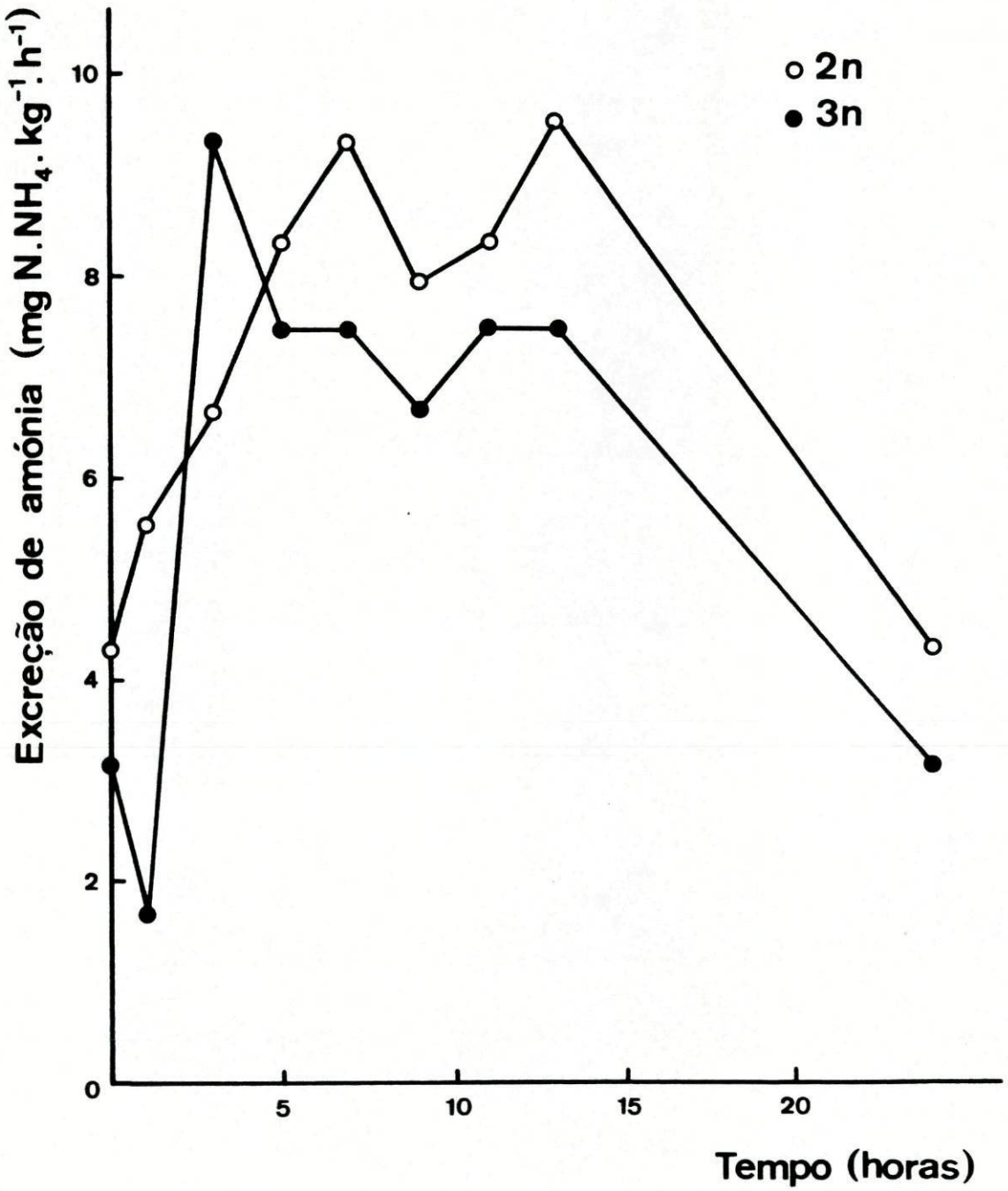


Figura 21. Variação diária da excreção de amónia pós-prandial de juvenis 1+ diploides e triploides de truta arco-íris.

6.3.2.2. EXPERIÊNCIA 2.

6.3.2.2.1. Excreção de amónia

A excreção de amónia pós-prandial aumentou logo depois da ingestão do alimento, até atingir um valor máximo 3 e 7 horas depois, respectivamente nos triploides e diploides. Em seguida começou a diminuir até à nova ingestão de alimento (figura 21).

A excreção de amónia não foi estatisticamente diferente entre as trutas das duas ploidias ($P>0,05$), tanto em valores absolutos como em percentagem do azoto ingerido (tabela 26).

Nas trutas mantidas em jejum, a excreção de azoto amoniacal endógeno foi de 146 mg/Kg/dia nos diploides e de 125,4 mg/Kg/dia nos triploides, mas esta diferença entre as duas ploidias não foi estatisticamente significativa ($P>0,05$).

6.3.2.2.2. Consumo de oxigénio

O consumo de oxigénio aumentou imediatamente após a ingestão do alimento e atingiu o seu valor máximo 1 hora depois. Em seguida começou a diminuir, até ser distribuido novamente o alimento (figura 22).

Em valores absolutos, o consumo de oxigénio nas trutas alimentadas não foi estatisticamente diferente entre as duas ploidias ($P>0,05$) (tabela 27).

A acção dinâmica específica foi, em percentagem da energia ingerida, maior nos triploides do que nos diploides, mas

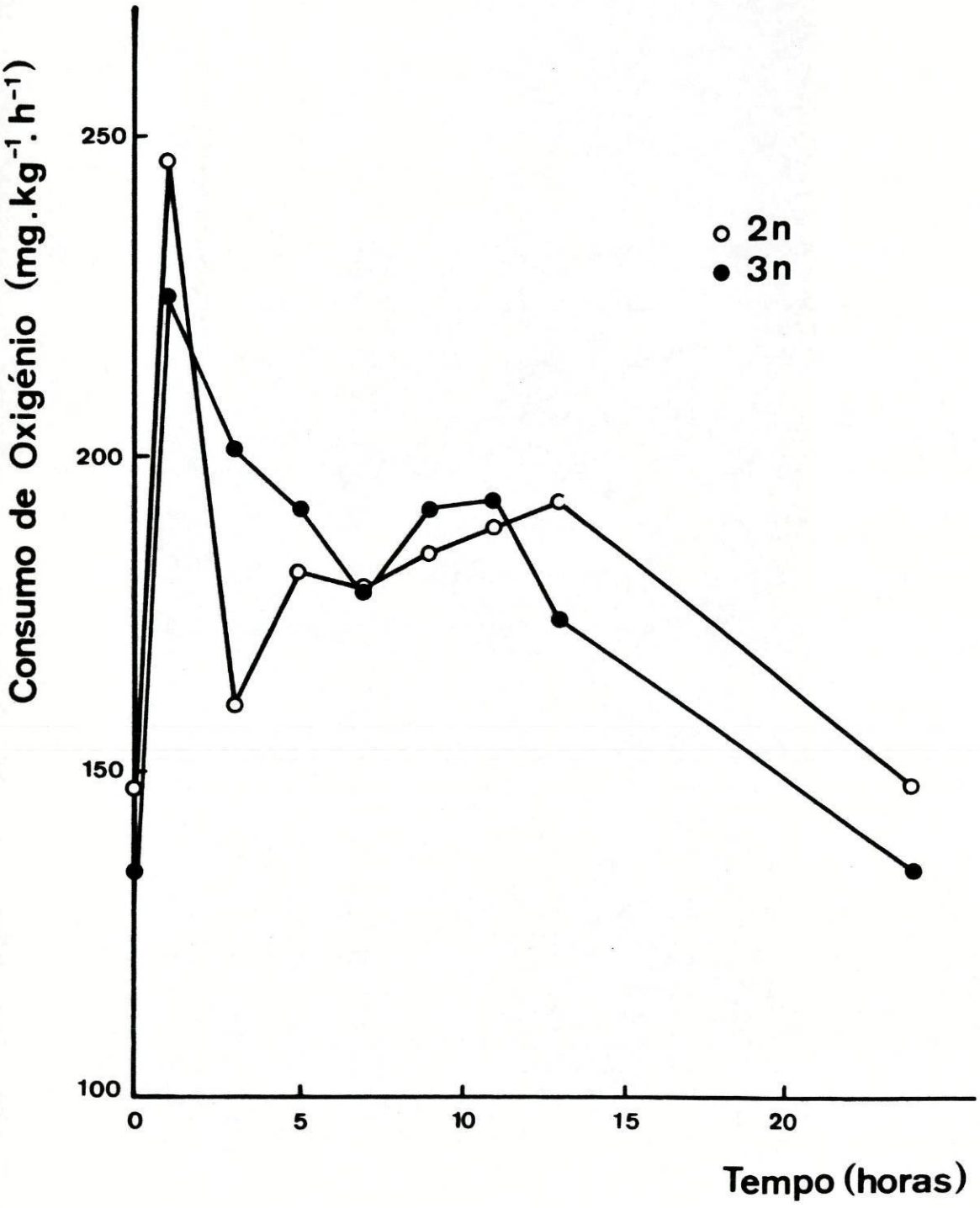


Figura 22. Variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial de juvenis 1^{+} diploides e triploides de truta arco-íris.

Tabela 27. Consumo de oxigénio e acção dinâmica específica (SDA), em percentagem da energia ingerida, de juvenis 1^{+} diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

PLOIDIA	CONSUMO DE OXIGÉNIO ($mg.kg^{-1}.dia^{-1}$)	SDA (% da energia ingerida)
2n	4504,2(693,1)a	5,0(2,5)a
3n	4433,8(221,4)a	8,1(2,9)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

Tabela 28. Quociente de amónia (A.Q.) e percentagem da energia proteica dispendida no metabolismo energético de juvenis 1^{+} diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

PLOIDIA:	A.Q.	ENERGIA PROTEICA (% da energia dispendida no metabolismo)
2n	0,087(0,02)a	26,4
3n	0,079(0,01)a	23,9

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

Tabela 29. Balanços energéticos e azotados de juvenis 0^+ e 1^+ diploides e triploides de truta arco-íris.

	JUVENIS 0^+		JUVENIS 1^+	
PLOIDIA:	2n	3n	2n	3n
ENERGIA				
INGERIDA ($KJ.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	465,4	567,5	234,8	218,1
DIGERÍVEL(% EI)(2)	53,8(1)	54,7(1)	53,8	54,7
METABOLIZÁVEL(% EI)	48,4	50,3	51,9	53,0
LÍQUIDA (% EI)	42,6	41,7	46,9	44,9
RETIDA (% EI)	26,4	28,3	23,9	25,0
AZOTO				
INGERIDO ($mgN.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	1784,2	2175,9	704,0	652,8
FECAL (% NI) (3)	24,6(1)	25,4(1)	24,6	25,4
URINÁRIO+BRANQUIAL (% NI)	50,6	40,6	25,9	23,2
RETIDO (% NI)	24,8	34,0	49,5	51,4

(1) Considerada igual à da experiência 2.
(2) EI - energia ingerida.
(3) NI - azoto ingerido.

a diferença entre as duas ploidias não foi estatisticamente significativa (P>0,05) (tabela 27).

Nas trutas mantidas em jejum, o consumo de oxigénio foi de 3,2 g/Kg/dia nos diploides e 3,8 g/Kg/dia nos triploides, mas esta diferença entre as duas ploidias não foi estatisticamente significativa (P>0,05).

O quociente de amónia, nas trutas alimentadas, não foi significativamente diferente entre as duas ploidias (P > 0,05), o que indica que a percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético foi também idêntica entre elas (tabela 28).

6.3.2.2.3. Balanços energéticos e azotados

Na tabela 29 apresentamos, comparativamente, os balanços energéticos e azotados das trutas diploides e triploides convencionais, das duas classes etárias, que estimámos a partir das determinações do consumo de oxigénio e da excreção de amónia.

Globalmente não se registaram diferenças importantes entre as duas ploidias nos vários componentes do balanço energético.

As perdas de energia urinária e branquial foram, em percentagem da energia ingerida, 5,4 e 4,4 % nos juvenis 0^+ e 1,9 e 1,7 % nos juvenis 1^+, respectivamente nos diploides e triploides.

A acção dinâmica específica foi, em percentagem da energia ingerida, maior nos triploides do que nos diploides mas, como vimos, a diferença entre as duas ploidias não era estatisti-

camente significativa ($P>0,05$).

A produção de calor, medida em percentagem da energia ingerida, foi, nas duas experiências, idêntica entre as trutas das duas ploidias.

A percentagem da energia ingerida disponível para ser retida foi de 26,4 - 28,3 % nos juvenis 0^{+} e 23,9 - 25 % nos juvenis 1^{+}, e não foi diferente entre as duas ploidias.

Os balanços azotados mostram não ter havido diferenças significativas entre as duas ploidias nos vários componentes do balanço, no caso dos juvenis 1^{+}. Nos juvenis 0^{+}, a excreção de azoto amoniacal urinário e branquial foi, em média, maior nos diploides do que nos triploides, o que se reflectiu numa retenção azotada menor naquele grupo, relativamente aos triploides.

6.3.3. DISCUSSÃO

A informação existente na literatura sobre o metabolismo de peixes triploides é muito escassa. Do nosso conhecimento, a excreção de azoto nunca foi determinada, e o consumo de oxigénio foi apenas doseado no esganagata, Gasterosteus aculeatus (SWARUP, 1959), e no salmão do Atlântico, Salmo salar (BENFEY E SUTTERLIN, 1984c). Muito recentemente, WILLEY E WIKE (1987) estabeleceram, comparativamente, os balanços energéticos de diploides e triploides da carpa Ctenopharyngodon idella.

Nas nossas experiências, a excreção diária de amónia foi idêntica nas duas ploidias, tanto nas trutas alimentadas como nas trutas mantidas em jejum, e foi da mesma ordem de grandeza da

observada por vários autores em trutas arco-íris de pesos idênticos aos que utilizámos (FROMM, 1963; OLSON E FROMM, 1971;ROBERTS, 1976; KAUSHIK, 1980, 1981).

O consumo diário de oxigénio nas trutas alimentadas foi, em valores absolutos, significativamente menor nos diploides do que nos triploides, no caso dos juvenis 0^{+}, mas tal não aconteceu nos juvenis 1^{+}. Todavia, em percentagem da energia ingerida, a produção de calor foi idêntica, nas duas experiências, nas trutas das duas ploidias.

Estes resultados estão parcialmente de acordo com os existentes na literatura, que mostram que não existem diferenças significativas entre as duas ploidias no que se refere ao consumo de oxigénio (SWARUP, 1959; BENFEY E SUTTERLIN, 1984c; WILLEY E WIKE, 1987).

A comparação dos parâmetros analisados mostra não ser diferente a utilização metabólica das dietas pelos juvenis triploides obtidos por aplicação de um choque térmico e os obtidos pelo cruzamento de reprodutores diploides e tetraploides.

CHOURROUT et al. (1986) e BLANC et al. (1987) também não observaram diferenças de crescimento e sobrevivência entre estes dois grupos de peixes no período juvenil. Durante a alevinagem, FAUCONNEAU et al. (1986b) também não detectaram diferenças significativas entre eles na oxidação de vários substratos energéticos (acetato, leucina, glucose e ácido glutâmico).

Nas nossas experiências, a contribuição da energia proteica para o metabolismo energético foi, nas trutas alimentadas, maior nos diploides do que nos triploides, mas a diferença entre as duas ploidias só foi significativa nos juvenis 0^{+}.

Nas trutas em jejum, não foram importantes as diferenças entre as duas ploidias no consumo de oxigénio e na excreção de azoto amoniacal. Por unidade de peso fresco, tanto o consumo de oxigénio com a excreção de amónia diminuiram com o aumento de peso das trutas.

As necessidades de energia líquida de manutenção, estimadas indirectamente através da determinação do consumo de oxigénio nas trutas em jejum pela aplicação de um coeficiente oxienergético (ELLIOTT E DAVISON, 1975), foram cerca de 72 - 80 KJ/Kg/dia nos juvenis 0^+ e 45 - 54 KJ/Kg/dia nos juvenis 1^+, valores da mesma ordem de grandeza dos indicados para esta espécie por vários autores (CHO et al., 1976a; CHO E SLINGER, 1979b; CHO, 1982).

As necessidades proteicas de manutenção, estimadas a partir da excreção de azoto amoniacal endógeno e corrigidas em relação às perdas de azoto fecal, foram de 1,4 - 1,6 g/Kg/dia nos juvenis 0^+ e 1,0 - 1,2 g/Kg/dia nos juvenis 1^+, valores da mesma ordem de grandeza dos estimados para esta espécie por outros autores (ROBERTS, 1976; LUQUET E KAUSHIK, 1984; KAUSHIK et al., 1981; KAUSHIK E LUQUET, 1984).

A estimativa dos balanços energéticos nas trutas das duas classes etárias mostra que, em percentagem da energia ingerida, tanto a produção de calor como as perdas energéticas fecais e não fecais foram semelhantes nas duas ploidias e, consequentemente, também a percentagem da energia ingerida disponível para ser retida foi idêntica entre elas.

A estimativa dos balanços azotados mostra que nos juvenis 1^+ não houve diferenças entre as duas ploidias na percentagem

do azoto ingerido disponível para ser retido.

Nos juvenis 0^{+}, a retenção de azoto foi maior nos triploides do que nos diploides, em consequência de, em média, as perdas urinárias e branquiais de azoto amoniacal serem maiores nestes do que nos triploides. Todavia, como a diferença de excreção de azoto amoniacal não foi estatisticamente diferente entre diploides e triploides, as diferenças observadas entre as duas ploidias, no que se refere à retenção azotada, também não se podem considerar significativas.

As estimativas das retenções azotadas e energéticas obtidas pelo método dos balanços diferiram das obtidas pelo método da análise da composição corporal, nos ensaios de crescimento.

Tal facto não é de estranhar, e deve-se tanto às características de cada um dos métodos como às variáveis experimentais introduzidas, em virtude de os dois tipos de estimativas não terem sido efectuadas em simultâneo.

Assim, no que se refere às condições experimentais, diferiu, nos dois tipos de aproximação, a quantidade de alimento ingerido, o número de refeições diárias, a temperatura da água a que decorreram os ensaios, o espaço disponível para a actividade física e a densidade dos peixes.

Do ponto de vista metodológico, enquanto nos ensaios de crescimento as retenções azotadas e energéticas são determinadas directamente pela análise da variação da composição corporal, pelo método dos balanços estes valores são estimados por diferença, a partir da produção de calor, que é calculada indirectamente através da determinação do consumo de oxigénio, pela aplicação de

coeficientes oxienergéticos nem sempre os mais apropriados (BRETT E GROVES, 1979; BRAATEN, 1979; CHO et al., 1982; BRAFIELD, 1985), e das perdas azotadas não fecais que, neste estudo, foram determinadas unicamente sob a forma de azoto amoniacal e, consequentemente, sub-estimadas (CHO E KAUSHIK, 1985).

Finalmente, os balanços obtidos através da aproximação metabólica são balanços 'instantâneos' e, por isso, dão-nos uma ideia da resposta fisiológica dos animais num momento preciso, enquanto que os balanços obtidos através dos ensaios de crescimento são balanços 'acumulados', que reflectem a resposta dos animais em períodos de tempo mais latos (KNIGHTS, 1985).

Em síntese, o conjunto dos resultados expostos permite-nos concluir que, a nível metabólico, não parecem ser importantes as diferenças entre os juvenis diploides e triploides na utilização do alimento.

7. POPULAÇÕES STOCK

7.1. INTRODUÇÃO

A maior parte das experiências descritas nos capítulos anteriores foram realizadas com trutas arco-íris retiradas de duas populações stock, uma diploide e outra triploide, constituídas especificamente para esse efeito.

Essas populações foram estabuladas na Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada, onde receberam um tratamento em tudo idêntico, desde a sua constituição até aos 26 meses de idade, altura em que terminámos o estudo.

Neste capítulo, apresentamos os resultados de crescimento das trutas destas duas populações durante esse intervalo de tempo, que abrangeu toda a fase juvenil e a primeira maturação sexual, aos dois anos de idade.

Indicamos ainda, comparativamente, a composição corporal das trutas diploides e triploides dos dois sexos, durante a maturação sexual.

7.2. MATERIAL E MÉTODOS

As duas populações stock, diploide e triploide, foram constituídas em 10/1/1984, com um efectivo inicial de cerca de

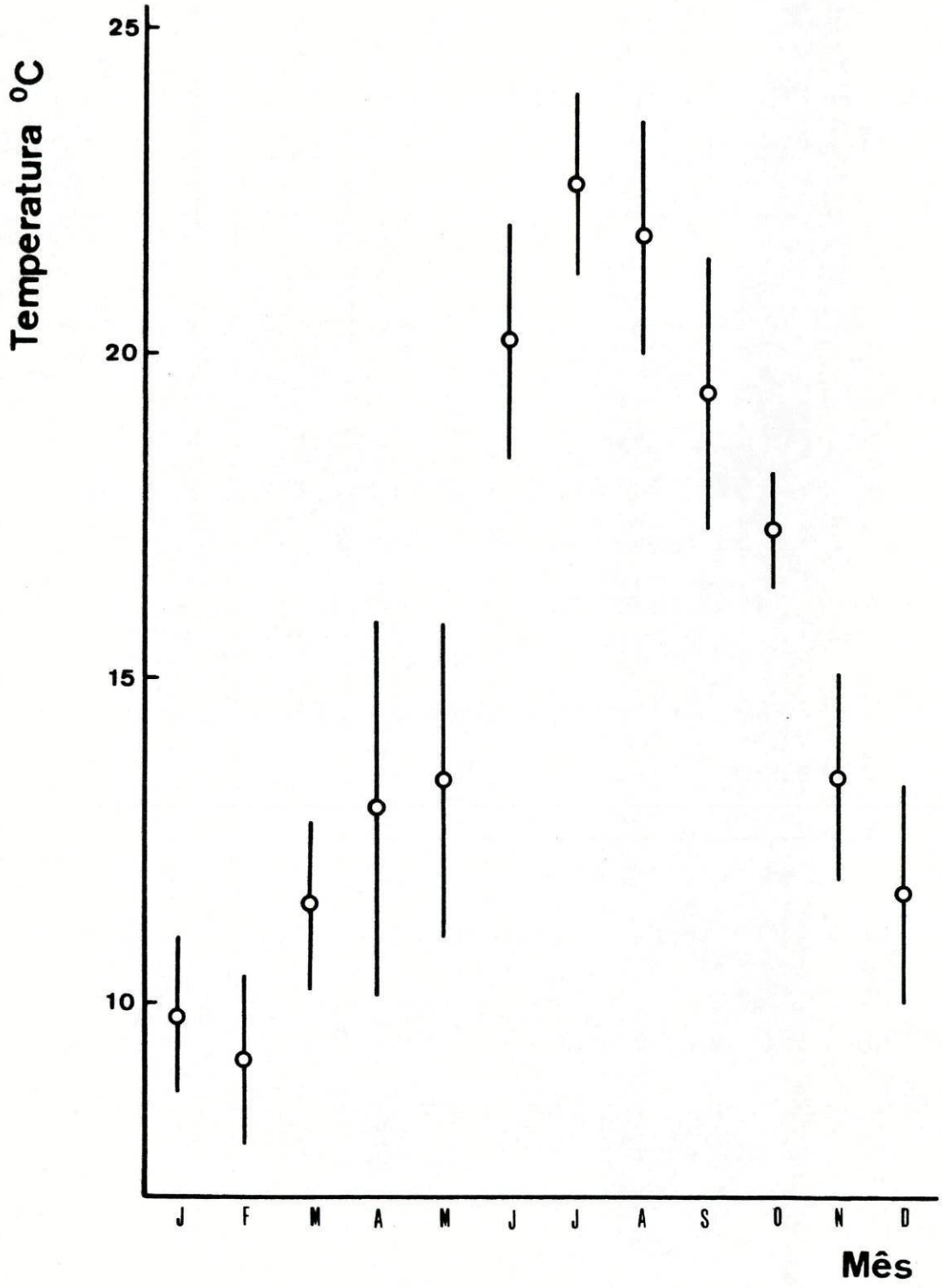


Figura 23. Temperatura média mensal da água na Estação Experimental de Aquacultura,na albufeira da Caniçada.
(Valores médios; as barras indicam o desvio padrão).

17000 ovos diploides e 24000 ovos triploides, conforme indicado no capítulo 3.

Os indivíduos de cada ploidia foram mantidos nos tanques de incubação e alevinagem, nas instalações em terra, desde a fecundação até terem cerca de 4 a 5 g. Nessa altura foram transferidos para as jaulas flutuantes, onde se processou o seu crescimento posterior.

As trutas de cada ploidia foram sempre mantidas separadas. Até atingirem o peso médio de 100 g, foram regularmente calibradas em dois sub-grupos, de acordo com o seu tamanho. A partir dessa altura juntaram-se num único grupo.

As trutas foram sempre alimentadas com dietas comerciais que se distribuiam de acordo com uma tabela fornecida pelo fabricante, em quantidade adequada ao seu peso e variável com a temperatura da água. As trutas de cada ploidia receberam sempre, em percentagem do peso do corpo, a mesma quantidade de alimento. Na figura 23 indicamos a temperatura média mensal da água, nas instalações experimentais.

Nos primeiros 18 meses de vida, o peso médio individual das trutas das duas populações foi estimado quinzenal ou mensalmente, por pesagem individual de 20 a 50 indivíduos de cada ploidia. Pesava-se também, nessa altura, todo o stock e, por extrapolação, calculava-se o efectivo de cada população e ajustava-se a quantidade de alimento a distribuir no período seguinte.

Ao longo deste período perderam-se, em diversas ocasiões, parte dos efectivos das trutas das duas populações, quer por fugas através de rasgões nas redes que as retinham, quer por furtos, o que nos impede de apresentar resultados fidedignos de

sobrevivência. Entre os 18 e os 23 meses de idade as perdas foram de maior gravidade, e deixaram-nos reduzidos a um limitadíssimo stock constituído por 67 trutas triploides (30 machos e 37 fêmeas) e 20 trutas diploides (12 machos e 8 fêmeas).

Desde então, e para sabermos o seu crescimento por sexos na fase final de maturação sexual e no período de postura, passámos a pesar individualmente todos os indivíduos das duas populações.

Aos 16 e 23 meses de idade, as trutas utilizadas para determinar a percentagem de triploidia pela medição do volume nuclear médio dos eritrócitos foram sacrificadas, de forma a podermos determinar os índices visceral, hepatossomático e gonadossomático em trutas confirmadamente diploides ou triploides. Aos 23 meses de idade, determinámos ainda, em quatro peixes confirmadamente de cada sexo e ploidia, a composição química das carcaças e do peixe inteiro.

Na apresentação que se segue, partimos do pressuposto que nem as fugas, nem os roubos, nem os peixes que retirámos das duas populações para utilizar nos ensaios descritos nos capítulos anteriores, alteraram significativamente a distribuição normal de pesos nas duas populações.

7.3. RESULTADOS

7.3.1. Crescimento no período imaturo

No primeiro ano de vida, o peso médio individual das trutas triploides foi ligeiramente superior ao das diploides, mas esta situação inverteu-se no final desse ano (figura 24). Estatisticamente, as diferenças de peso entre as trutas das duas ploidias não foram significativas nos primeiros 17 meses de vida ($P>0,05$).

Durante o período imaturo, o índice de crescimento específico diminuiu, nas duas ploidias, com o aumento de peso das trutas (figura 25). A relação entre este índice e o peso das trutas é linear no intervalo de pesos compreendido entre 0,1 e 880 g se for descrita pela seguinte função exponencial do peso:

para os diploides:

$$\alpha = 2,84\ W^{-0,23} \qquad (r = 0,92\ n = 8\ \ P<0,01)$$

para os triploides:

$$\alpha = 3,22\ W^{-0,29} \qquad (r = 0,92\ n = 8\ \ P<0,01)$$

em que α representa o índice de crescimento específico, em percentagem, e W representa o peso médio individual, em gramas.

Os dois expoentes de peso não diferem significativamente entre si ($P>0,05$).

7.3.2. Crescimento no período de postura

Na fase final de maturação sexual, aos 23 meses de idade, o peso médio individual das trutas diploides era signifi-

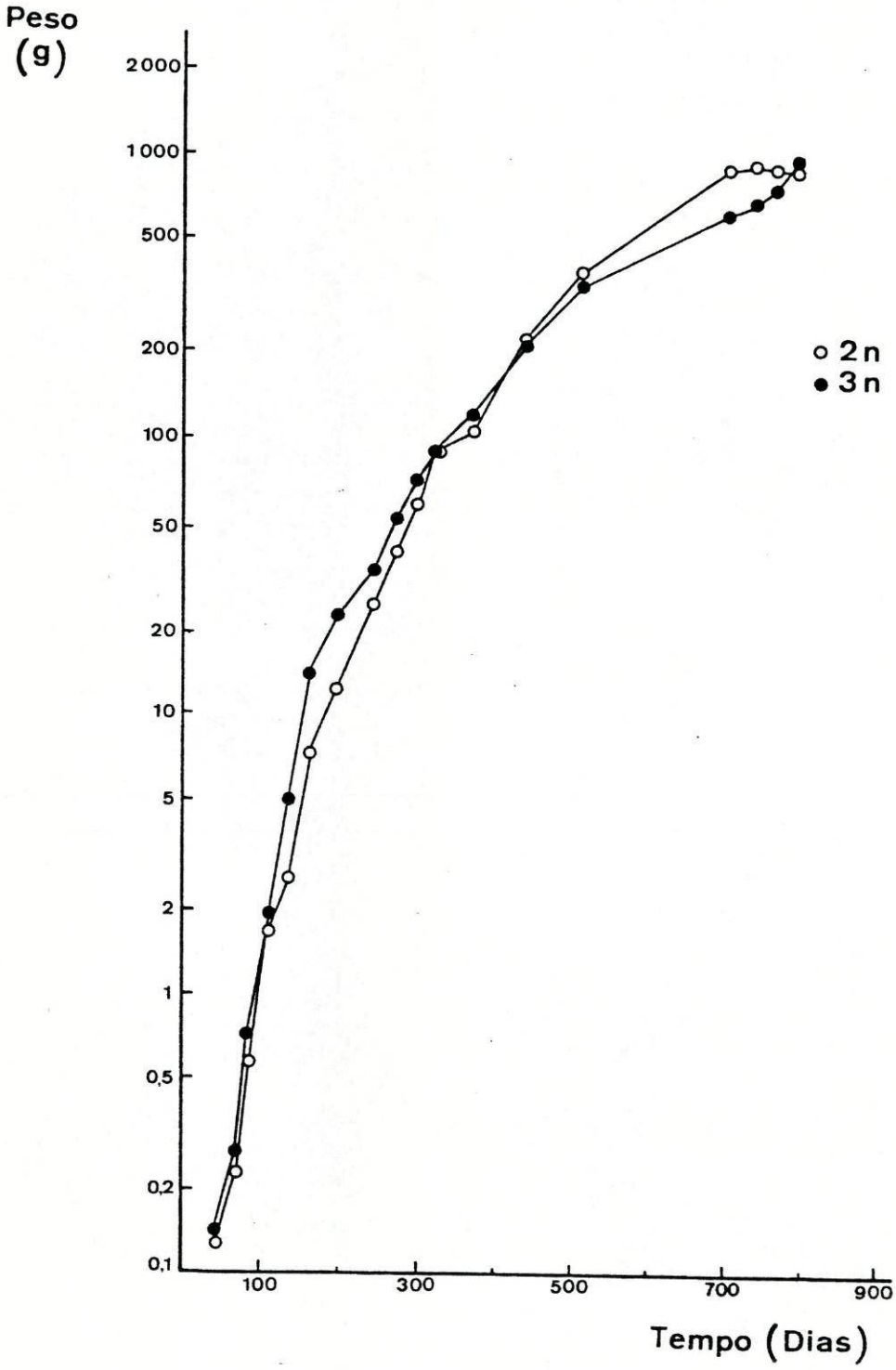
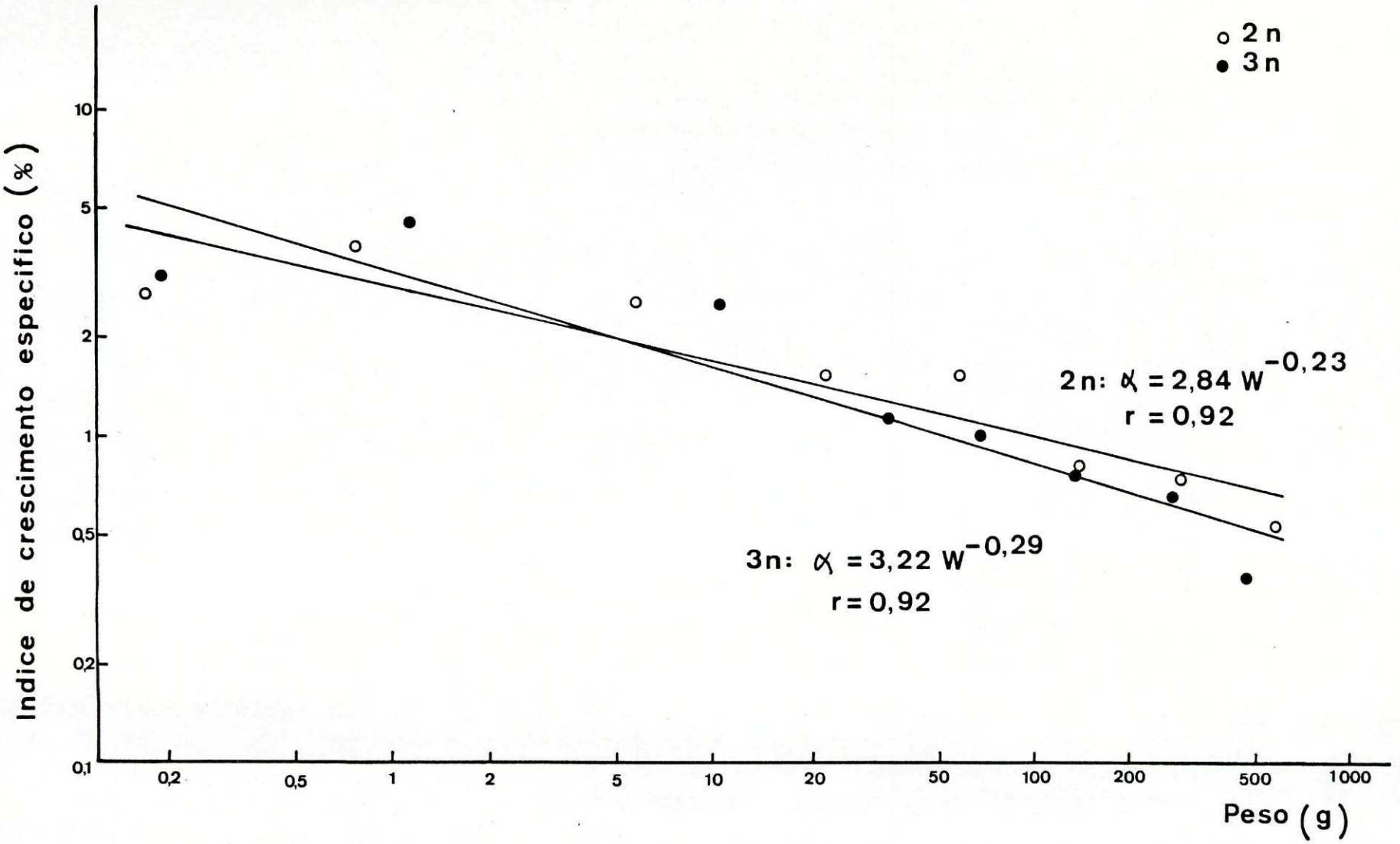


Figura 24. Crescimento médio de trutas arco-íris das populacões stock diploide e triploide.



147

Figura 25. Variação do índice de crescimento específico (em percentagem) durante o crescimento de trutas arco-íris das populações stock diploide e triploide.

Tabela 30. Peso médio individual, por sexos, de diploides e triploides de truta arco-íris no período final de maturação sexual e período de postura (1).

PLOIDIA:	2n		3n	
MÊS SEXO:	♂	♀	♂	♀
23	926,7a	831,2a	657,3b	574,7c
24	889,2a	1005,0a	668,3b	665,6b
25	842,7ab	1017,5a	782,0b	735,4b
26	781,8b	1085,0a	905,7ab	1038,9a

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

cativamente maior ($P<0,05$) do que o das trutas triploides (figura 24, tabela 30). Desde então, o peso médio individual das trutas da população diploide manteve-se sensivelmente constante, e diminuiu mesmo ligeiramente durante o período de postura, que ocorreu nos meses de Janeiro e Fevereiro, ou seja, entre o vigésimo-quarto e o vigésimo-quinto mês de vida.

Neste intervalo de tempo, as trutas da população triploide continuaram a crescer e, no final do período de postura, o seu peso era idêntico ao das trutas diploides.

O crescimento das trutas não foi uniforme durante o período em análise, e diferiu tanto com a ploidia como com o sexo (figura 26, tabela 30).

Aos 23 meses de idade, o peso dos machos das duas ploidias era ligeiramente superior ao das fêmeas. Desde então, e até ao final do período de postura, os machos diploides perderam peso. O peso das fêmeas diploides aumentou até ao momento de postura, altura em que diminuiu, devido à libertação dos produtos sexuais. Todavia, o peso médio das fêmeas da população diploide manteve-se sensivelmente constante, pois a perda de peso de algumas fêmeas era compensada pelo ganho de peso das outras.

Na população triploide, aos 23 meses de idade, o peso médio individual das trutas dos dois sexos era significativamente menor do que o das trutas diploides ($P<0,05$). Porém, no período normal de postura as trutas triploides não deixaram de crescer e, no final desse período, o peso médio individual das fêmeas triploides era idêntico ao das fêmeas diploides e significativamente maior ($P<0,05$) do que o dos machos diploides, enquanto que o peso médio individual dos machos triploides não era estatisticamente

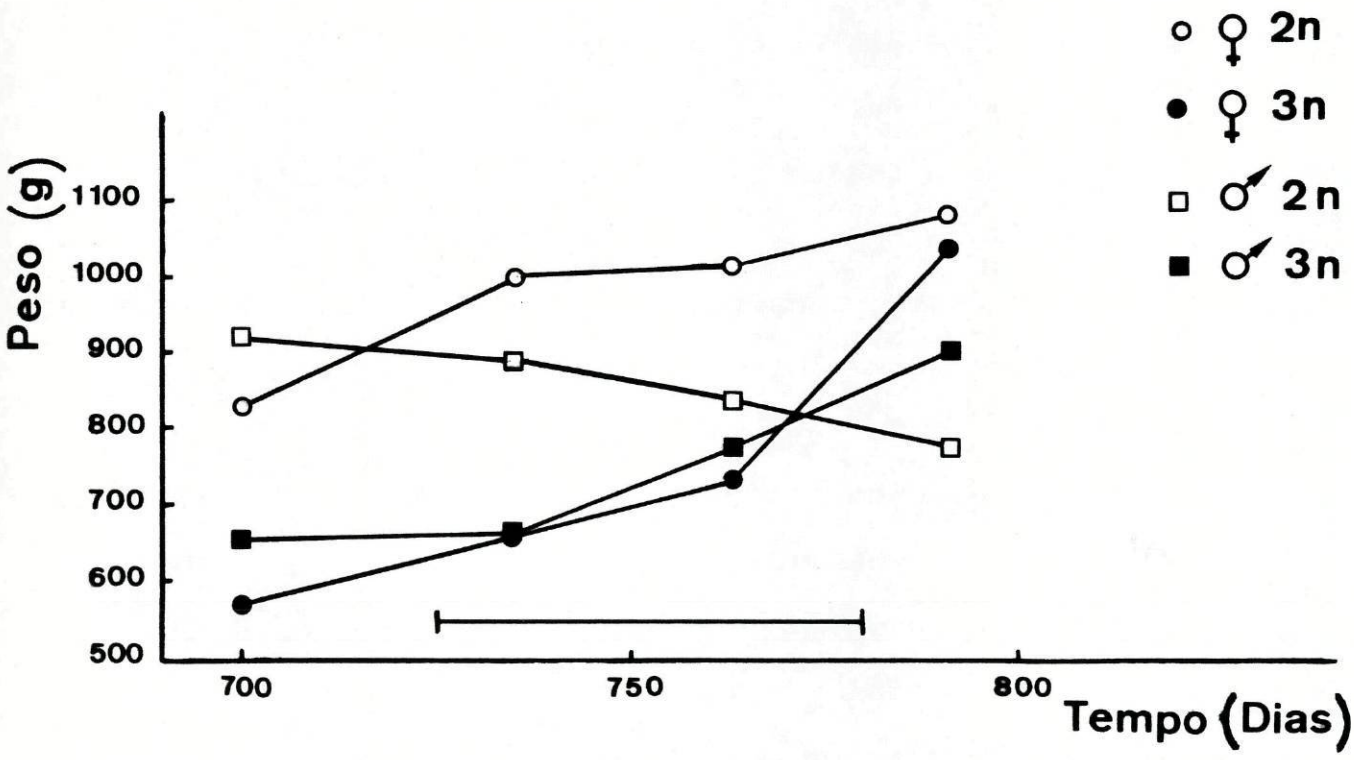


Figura 26. Variação do peso médio individual, por sexos, de trutas arco-íris das populacões stock diploide e triploide durante a fase final de maturação sexual e período de postura (indicado pela barra horizontal).

diferente (P>0,05) nem do dos machos nem do das fêmeas diploides.

Neste período, se considerarmos o aumento de peso das trutas dos dois sexos e das duas ploidias relativamente ao seu peso aos 23 meses de idade, constatamos que as fêmeas triploides cresceram consideravelmente mais do que os outros grupos. O seu peso médio individual aumentou cerca de 1,8 vezes, enquanto que nos machos triploides e fêmeas diploides aumentou, respectivamente, 1,38 e 1,30 vezes, e nos machos diploides diminuiu cerca de 16%.

7.3.3. Fenótipos sexuais

À medida que se aproximava o período de reprodução, as trutas adquiriram as suas características sexuais secundárias habituais (HUET, 1983).

Os machos diploides apresentavam uma cabeça alongada, com uma protuberância em forma de gancho no maxilar inferior, e o corpo escurecido.

O aspecto dos machos triploides não diferia do dos machos diploides. Contudo, enquanto aqueles produziam um esperma abundante, espesso e de cor leitosa, somente alguns machos triploides chegaram a libertar os produtos sexuais e, quando tal aconteceu, o esperma era muito diluído e de cor quase transparente.

As fêmeas diploides apresentavam também o seu fenótipo sexual característico: cabeça arredondada, cor clara, linha média lateral muito colorida, papila genital dilatada e abdómen reflectido.

Tabela 31. Índice visceral, gonadossomático e hepatossomático de diploides e triploides de truta arco-íris aos 16 e 23 meses de idade (1).

TRUTAS COM 16 MESES DE IDADE

PLOIDIA:	2n	3n
n	17	16
PESO INDIVIDUAL (g)	268,5(81,7)	271,7(50,0)
ÍNDICE VISCERAL (%)	12,6(0,3) a	12,7(0,3) a
ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO (%)	0,15(0,11) a	0,03(0,06) b
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,20(0,21) a	1,17(0,18) a

TRUTAS COM 23 MESES DE IDADE:

PLOIDIA:	2n		3n	
SEXO:	♂	♀	♂	♀
n	6	4	14	10
PESO INDIVIDUAL (g)	704,0(213,4)	702,2(187,4)	609,5(130,6)	500,6(64,7)
ÍNDICE VISCERAL (%)	9,0(3,1)b	9,2(2,6)b	7,7(2,5)b	12,2(0,9)a
ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO (%)	3,56(1,17)b	11,21(1,76)a	3,27(0,71)b	0,22(0,70)c
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,30(0,34)b	1,88(0,43)a	1,17(0,33)b	1,04(0,21)b

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

As fêmeas triploides, pelo contrário, não modificaram o seu aspecto, conservando o fenótipo dos peixes imaturos.

7.3.4. Índices visceral, hepatossomático e gonadossomático

Aos 16 meses de idade, o índice visceral era de 12,6 - 12,7 % e diminuiu, aos 23 meses de idade, para 7,7 - 9,2 %, nos machos e fêmeas diploides e nos machos triploides. Nas fêmeas triploides o índice visceral era de 12,2 %, e este valor era significativamente maior do que nos outros grupos ($P<0,05$) (tabela 31). A diferença entre o índice visceral das fêmeas triploides e dos outros grupos foi devida a acumulação de grandes massas de lípidos periviscerais nestes animais (tabela 32).

Nas fêmeas diploides, aos 23 meses de idade, o índice hepatossomático era de 1,9 %, e este valor era significativamente maior ($P<0,05$) do que o dos outros grupos, nos quais variou entre 1,0 e 1,3 %, valor idêntico ao encontrado nos peixes imaturos, aos 16 meses de idade.

Nos machos diploides, o índice gonadossomático era, aos 23 meses de idade, ligeiramente maior do que nos machos triploides, mas a diferença entre os dois valores não era estatisticamente significativa ($P>0,05$) (tabela 31).

Nessa altura, nas fêmeas diploides as gónadas correspondiam, em média, a 11,2 % do peso do corpo, enquanto nas fêmeas triploides as gónadas não se desenvolveram para além de um delgado filamento de peso médio igual a 0,2 % do peso do corpo (tabela 31).

Em consequência da variação do peso dos vários compar-

Tabela 32. Composição química do peixe inteiro e das respectivas carcassas, e percentagem de lípidos periviscerais de diploides e triploides de truta arco-íris aos 23 meses de idade (1).

PLOIDIA:	2n		3n	
SEXO:	♂	♀	♂	♀
CARCAÇA				
HUMIDADE (%)	72,3(1,7)a	71,3(1,4)a	73,8(1,5)a	73,4 (0,5)a
PROTEÍNAS (%)	18,8(0,8)a	19,3(0,5)a	18,5(0,8)a	19,2(0,4)a
LÍPIDOS (%)	5,6(1,0)ab	5,9(1,1)a	5,0(1,0)ab	4,9(0,6)b
CINZAS (%)	3,0(0,3)a	2,8(0,2)a	2,8(0,2)a	2,8(0,2)a
PEIXE INTEIRO				
HUMIDADE (%)	71,4(2,1)ab	69,1(1,7)b	73,5(0,8)a	71,1(0,6)ab
PROTEÍNAS (%)	18,8(0,8)c	21,6(0,5)a	18,8(0,9)c	20,2(0,7)b
LÍPIDOS (%)	6,0(1,3)ab	6,2(1,6)ab	5,2(1,3)b	7,9(1,2)a
LÍPIDOS PERIVISCERAIS (% peso das vísceras)	13,3(5,8)a	15,5(6,7)a	9,8(5,4)a	30,4(6,4)b

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

timentos corporais, aos 23 meses de idade, o rendimento das carcaças variou entre 87 e 89 % do peso fresco nas trutas triploides dos dois sexos e nos machos diploides, enquanto que nas fêmeas diploides era somente 79,6 %.

7.3.5. Composição corporal na fase final de maturação sexual

A composição química das carcaças nas trutas dos dois sexos e das duas ploidias aos 23 meses de idade não era muito diferente, excepto no que se refere ao conteúdo lipídico, que era significativamente maior nas fêmeas diploides ($P<0,05$) do que nas fêmeas triploides (tabela 32).

Relativamente ao peixe inteiro, as diferenças foram mais importantes. De realçar, no caso das proteínas, que o seu conteúdo era, nas duas ploidias, significativamente maior ($P<0,05$) nas fêmeas do que nos machos. O conteúdo lipídico era também significativamente maior ($P<0,05$) nas fêmeas triploides do que nos outros grupos.

7.4.DISCUSSÃO

Nas populações stock não houve diferenças significativas entre o peso médio das trutas triploides e diploides durante o período imaturo, ao contrário do que observámos nas experiências com alevins e com os juvenis 1^{+}. Estes resultados são também diferentes da maior parte dos publicados com salmonídeos triploides em que se acompanhou o seu crescimento desde a eclosão, e que

mostram que, durante o período imaturo, o peso dos triploides é normalmente inferior ao dos diploides.

Assim, na truta arco-íris, HAPPE (1983) observou que, entre o início da adaptação ao alimento e 100 dias depois, o peso médio dos triploides correspondia a 80 - 90 % do peso dos diploides. Também na truta arco-íris, LINCOLN E HARDIMAN (1982) indicam que o peso dos triploides era de 80 % do peso dos diploides ao fim do primeiro ano de vida e QUILLET (1986) verificou que, com a idade de 20 meses, o peso dos triploides correspondia e 87 % do peso dos diploides.

Todavia, numa das quatro populações triploides de truta arco-íris que estudou, QUILLET (1986) observou que o peso médio dos triploides era ligeiramente superior ao dos diploides no primeiro ano de vida, e cerca de 30 % inferior pouco antes do período final de maturação sexual, e estes resultados são semelhantes aos nossos.

No salmão do Atlântico, Salmo salar, o peso médio dos triploides era de 38 a 60 % do peso dos diploides ao fim do primeiro ano de vida (SOLAR et al., 1984) e no salmão coho, Oncorhynchus kisutch, o peso médio dos triploides era 87 % do peso médio dos diploides aos 17 meses de idade (UTTER et al., 1983).

Nas nossas populações stock, na fase final de maturação sexual, aos 23 meses de idade, o peso médio das trutas triploides era significativamente menor do que o das trutas diploides.

Tal facto pode ser atribuído às perdas de peixes que ocorreram nesse período, e que poderiam ter enviesado a distribuição normal de pesos nas duas populações, mas também pode ser

devido a um pior crescimento dos triploides durante o período estival, o que aliás estaria de acordo com a afirmação de QUILLET et al. (1986) de que as trutas triploides são mais sensíveis às condições térmicas adversas do que as diploides e, por isso, crescem menos do que estas em condições de temperatura elevada, pelo menos na água do mar.

Se o mesmo for verdade na água doce, isso poderia explicar o pior crescimento das trutas triploides durante o período estival pois, na Caniçada, nesse ano, a temperatura foi muito elevada, com uma média mensal, nos meses de Julho a Setembro, de 20 - 23 ° C.

Durante a fase final de maturação sexual e no período de postura, o peso médio individual das trutas da população triploide continuou a aumentar, enquanto que nas trutas da população diploide se manteve mais ou menos constante.

Por sexos, nesse período, na população triploide o crescimento das fêmeas foi superior ao dos machos. Na população diploide as fêmeas não deixaram de crescer, mas perderam peso no momento de postura e, por isso, o seu peso médio não sofreu alterações apreciáveis durante esse período, enquanto que os machos diploides perderam continuamenente peso.

Também na truta arco-íris, CHEVASSUS et al. (1983; 1984) e QUILLET (1986) verificaram, como nós, que as trutas triploides cresciam mais do que as diploides durante a fase final de maturação sexual e no período de postura. Estes autores indicam que, no fim do período de postura, o peso médio das fêmeas triploides ultrapassou em 10 - 20 % o peso das fêmeas diploides e os machos triploides igualaram o peso destas, enquan-

to que os machos diploides perderam peso.

LINCOLN E SCOTT (1984), pelo contrário, não detectaram diferenças assinaláveis de peso durante o período de postura, nem entre as trutas das duas ploidias nem entre as trutas dos dois sexos.

MOLLER et al. (1979) e TVERANGER (1985) afirmam que a maturação sexual só afecta o crescimento das trutas arco-íris dois a três meses antes da época normal de postura. Estes autores referem que, nessa altura, os machos deixam de crescer, e o seu factor de condição diminui, enquanto que as fêmeas só perdem peso no momento da postura.

Nos salmonídeos, o determinismo do sexo é do tipo mamífero, com heterogamia masculina e homogamia feminina, como ficou claro pela observação dos descendentes ginogenéticos (THORGAARD, 1983; CHEVASSUS, 1986). Nos triploides, a repartição dos sexos não se afasta do valor teórico esperado de 50 % de indivíduos de cada sexo, conforme foi já demonstrado na truta arco-íris (SOLAR et al., 1984; QUILLET, 1986), na carpa comum, C. carpio (GERVAI et al., 1980), e no peixe gato americano, Ictalurus punctatus (WOLTERS et al., 1982).

Nas nossas populações stock, enquanto que nas fêmeas diploides as gónadas se desenvolveram normalmente, nas fêmeas triploides as gónadas apresentavam-se completamente atrofiadas.

Em salmonídeos, resultados idênticos foram descritos tanto na truta arco-íris (CHEVASSUS et al., 1984; LINCOLN E SCOTT, 1984; SOLAR et al., 1984; QUILLET, 1986) como no salmão do Atlântico, Salmo salar (BENFEY E SUTTERLIN, 1984b), e o mesmo foi observado noutros peixes (LINCOLN, 1981); WOLTERS et al.,

1982; RICHTER et al., 1986).

Nos machos triploides, o índice gonadossomático correspondia a cerca de 92 % do dos machos diploides. Na mesma espécie, os valores encontrados na literatura são da ordem dos 24 % (CHEVASSUS et al., 1984), 73 % (LINCOLN E SCOTT, 1984), 54 % (QUILLET,1986), e 108 % (FAUCONNEAU et al., 1988). No salmão do Atlântico, BENFEY E SUTTERLIN (1984b) observaram que esta relação era de 52 %, mas os peixes ainda estavam longe da época normal de reprodução.

Segundo LINCOLN E SCOTT (1984), o grande desenvolvimento dos testículos nos machos triploides está associado à rapida multiplicação mitótica das espermatogónias, que é característica do tecido espermatogénico, e por a meiose só ser bloqueada quando da passagem dos espermatócitos primários a espermatócitos secundários.

Tal como nós, LINCOLN E SCOTT (1984) e SMALL E BENFEY (1987) também observaram que, em alguns casos, os machos triploides chegaram a libertar um esperma diluído. Estes autores verificaram ainda que, nestes casos, os espermatózoides tinham uma constituição cromossómica aneuploide e não eram capazes de fecundar embriões viáveis.

Nas fêmeas triploides o desenvolvimento das gónadas foi muito mais afectado do que nos machos. Os ovários não se desenvolveram e o seu peso não ultrapassou 0,2 % do peso fresco das trutas, contra os 10 a 20 % nas fêmeas diploides.

A ausência dos caracteres sexuais secundários nas fêmeas triploides deverá estar associada ao não desenvolvimento das gónadas. De acordo com HOAR (1983), em todos os grupos de

vertebrados estudados até agora, o controlo dos caracteres sexuais secundários está sob a influência das hormonas sexuais, e o não desenvolvimento dos ovários ou a gonadoctomia impede o seu aparecimento.

Na fase final de maturação sexual, o índice hepatossomático foi cerca de 80 % maior nas fêmeas diploides do que nas fêmeas triploides. Este fenómeno é atribuido a uma mais intensa actividade metabólica nas trutas diploides, associada à síntese da vitelogenina pelo fígado (LINCOLN E SCOTT, 1984; TVERANGER, 1985; FAUCONNEAU et al., 1988).

O índice visceral diminuiu de 12,6 %, no período imaturo, para 8 - 9 %, na fase final de maturação sexual, excepto nas fêmeas triploides, em que o seu valor se manteve constante devido a uma grande acumulação de gorduras periviscerais. Esta acumulação de gorduras periviscerais nas fêmeas triploides é atribuida a uma reorientação do metabolismo durante o período em que normalmente deveria ocorrer a síntese do vitelogénio, e está normalmente associada a alterações a nível hormonal (FAUCONNEAU et al., 1988). De facto, nas fêmeas triploides os níveis circulantes de testosterona e estradiol são insignificantes, se comparados com os das fêmeas diploides (LINCOLN E SCOTT, 1984).

O rendimento das carcaças durante a maturação sexual foi significativamente menor nas fêmeas diploides do que nos outros grupos. Na mesma espécie, o mesmo foi observado por LINCOLN E SCOTT (1984) e QUILLET (1986). Pelo contrário, FAUCONNEAU et al.(1988) verificaram que o rendimento das carcaças nas trutas triploides era, em ambos os sexos, 12 % inferior ao das trutas diploides.

Na fase final de maturação sexual, aos 23 meses de idade, a composição química das carcaças não variou grandemente nem com o sexo nem com a ploidia, excepto no que se refere ao conteúdo lipídico que foi menor nas fêmeas triploides do que nas fêmeas diploides.

Também na truta arco-íris, FAUCONNEAU et al. (1988) verificaram que, durante a maturação sexual, as fêmeas diploides tinham um conteúdo proteico maior e um conteúdo lipídico menor do que os outros grupos. Nos machos de ambas as ploidias, a composição química era idêntica em todos os tecidos analisados, excepto no tubo digestivo, no qual o conteúdo lipídico era maior nos triploides. Nas fêmeas triploides, o conteúdo lipídico era, em todos os tecidos analisados, superior ao dos outros grupos.

Ainda nesta espécie, CHEVASSUS et al.(1984) e QUILLET (1986) verificaram que a quantidade de lípidos no músculo era maior nas trutas triploides do que nas diploides.

Ao estudar a evolução da composição química de uma população diploide de truta arco-íris durante a maturação sexual, TVERANGER (1985) verificou que, nos machos, a percentagem de matéria seca e de lípidos do músculo aumenta, e a percentagem de proteínas diminui, enquanto que nas fêmeas acontece o inverso.

Também numa população diploide de truta arco-íris, TAKEUCHI et al. (1981) verificaram que nos machos, durante a maturação sexual, a percentagem de humidade corporal era maior e a de proteínas e lípidos era menor do que nas fêmeas.

No salmão do atlântico, Salmo salar, AKSNES et al. (1986) verificaram que, durante a maturação sexual, as modificações da composição química da musculatura são idênticas nos dois

sexos.

Em síntese, os resultados expostos neste capítulo mostram que, nas nossas populações stock, o crescimento das trutas arco-íris das duas ploidias foi idêntico durante o período imaturo, mas foi melhor nos triploides durante a fase final de maturação sexual e no período de postura.

Nesta altura, nas fêmeas triploides o crescimento foi superior ao dos machos triploides, o desenvolvimento dos ovários foi completamente inibido, e os caracteres sexuais secundários não se desenvolveram.

Os machos triploides, apesar de funcionalmente estéreis, apresentaram parte dos inconvenientes associados à maturação sexual, tais como o aparecimento dos caracteres sexuais secundários e gónadas desenvolvidas.

8. CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO DO ALIMENTO POR ADULTOS NO PERÍODO DE REPOUSO SEXUAL

8.1. INTRODUÇÃO

Para concluirmos o estudo comparativo entre diploides e triploides de truta arco-íris ao longo do seu ciclo de vida, realizámos uma experiência em que, através de testes zootécnicos clássicos, procurámos saber se, nas trutas adultas (2^{+}), durante o período de repouso sexual, continuam a manter-se as diferenças de crescimento e utilização do alimento entre os dois sexos e as duas ploidias que observámos durante a fase final de maturação sexual e no período de postura.

8.2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta experiência decorreu nas instalações experimentais do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada, conforme o protocolo descrito na metodologia geral.

Para cada ploidia constituiram-se duplicados, compostos por três machos e três fêmeas de 26 meses de idade e um peso médio inicial de 800 g. Estas trutas foram retiradas das populações stock diploide e triploide, excepto três das fêmeas diploides que, devido à falta de efectivos na respectiva população stock, foram retiradas do stock de reprodutores.

A experiência decorreu em jaulas flutuantes com um volume útil de aproximadamente 12 m^3 e teve uma duração de 113 dias. Durante o período experimental a temperatura da água foi, em média, de 14,2 ° C.

As trutas foram alimentadas com uma dieta comercial cuja composição se indica na tabela 33. Esta dieta era distribuída duas vezes ao dia, numa quantidade diária equivalente a 2 % do peso do corpo.

No início e fim da experiência sacrificaram-se, respectivamente, duas e quatro trutas de cada sexo e ploidia para análise da composição corporal, tendo as análises sido efectuadas em duplicado em cada peixe.

No fim da experiência, e no dia de pesagem imediatamente anterior, recolheram-se fezes nos peixes dos vários lotes para determinação da digestibilidade aparente das dietas.

Tabela 33. Composição química da dieta.

HUMIDADE (%)	10,2
PROTEÍNAS (%)	44,5
LÍPIDOS (%)	11,2
CINZAS (%)	15,8
ENERGIA (KJ.g)	21,9

8.3. RESULTADOS

8.3.1. Crescimento e utilização do alimento

O crescimento das trutas triploides foi ligeiramente superior ao das trutas diploides, mas a diferença de pesos finais entre as trutas das duas ploidias não foi estatisticamente significativa ($P>0,05$) (figura 27, tabela 34).

O índice de crescimento específico e o ganho diário de peso foram maiores nos triploides do que nos diploides (tabela 34).

A mortalidade foi muito reduzida no decurso da experiência, limitando-se a um macho, num dos lotes diploides, que morreu no dia de pesagem final (tabela 34).

A utilização do alimento, medida tanto em termos de índice de conversão alimentar e índice de eficiência proteica, foi melhor nas trutas triploides do que nas diploides (tabela 34).

As retenções azotada e energética foram consideravelmente maiores nos triploides do que nos diploides (tabela 34).

Tal como vinha a acontecer desde o período final de maturação sexual, o crescimento das fêmeas diploides foi significativamente superior ao dos machos diploides ($P<0,05$). Nestes, o crescimento foi muito reduzido durante todo o período experimental (figura 28, tabela 35).

Nas trutas triploides, o crescimento médio individual das fêmeas foi superior ao dos machos mas, estatisticamente, as diferenças de peso entre as trutas dos dois sexos não eram significativas ($P>0,05$). No fim da experiência, o peso médio indivi-

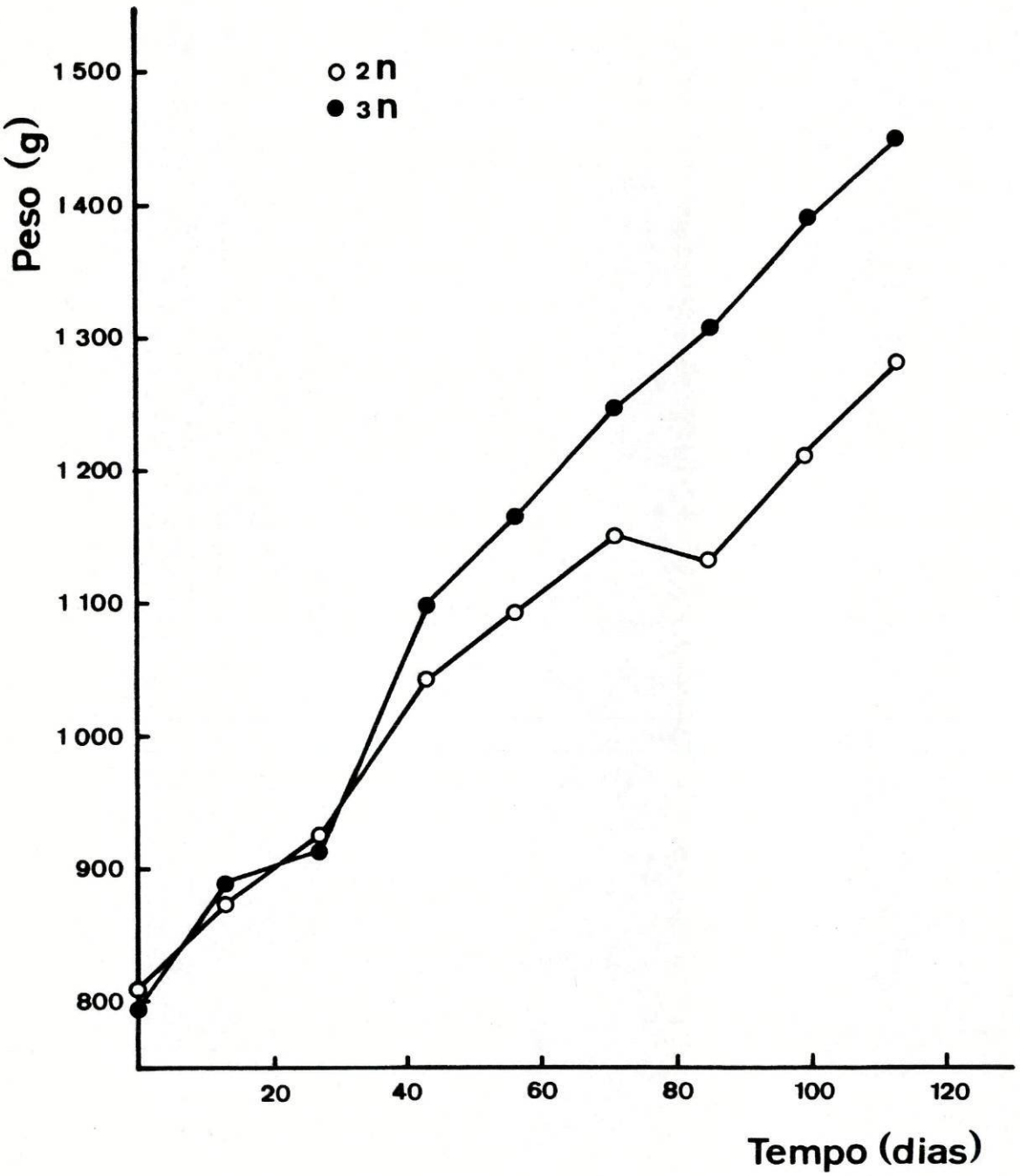


Figura 27. Crescimento médio de adultos diploides e triploides de truta arco-íris durante a experiência.

Tabela 34. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de adultos (2^+) diploides e triploides de truta arco-íris alimentados com a dieta experimental (1).

PLOIDIA:	2n	3n
PESO INICIAL (g)	807,9a	796,7a
PESO FINAL (g)	1280,0a	1452,5a
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	0,41	0,54
GANHO DIÁRIO DE PESO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	5,3	7,3
MORTALIDADE (%)	8,35	0
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	3,78	2,99
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	0,60	0,75
RETENÇÃO AZOTADA (% NI) (2)	10,2	14,6
RETENÇÃO ENERGÉTICA (%EI) (2)	12,5	18,1

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

(2) NI - azoto ingerido: EI - energia ingerida.

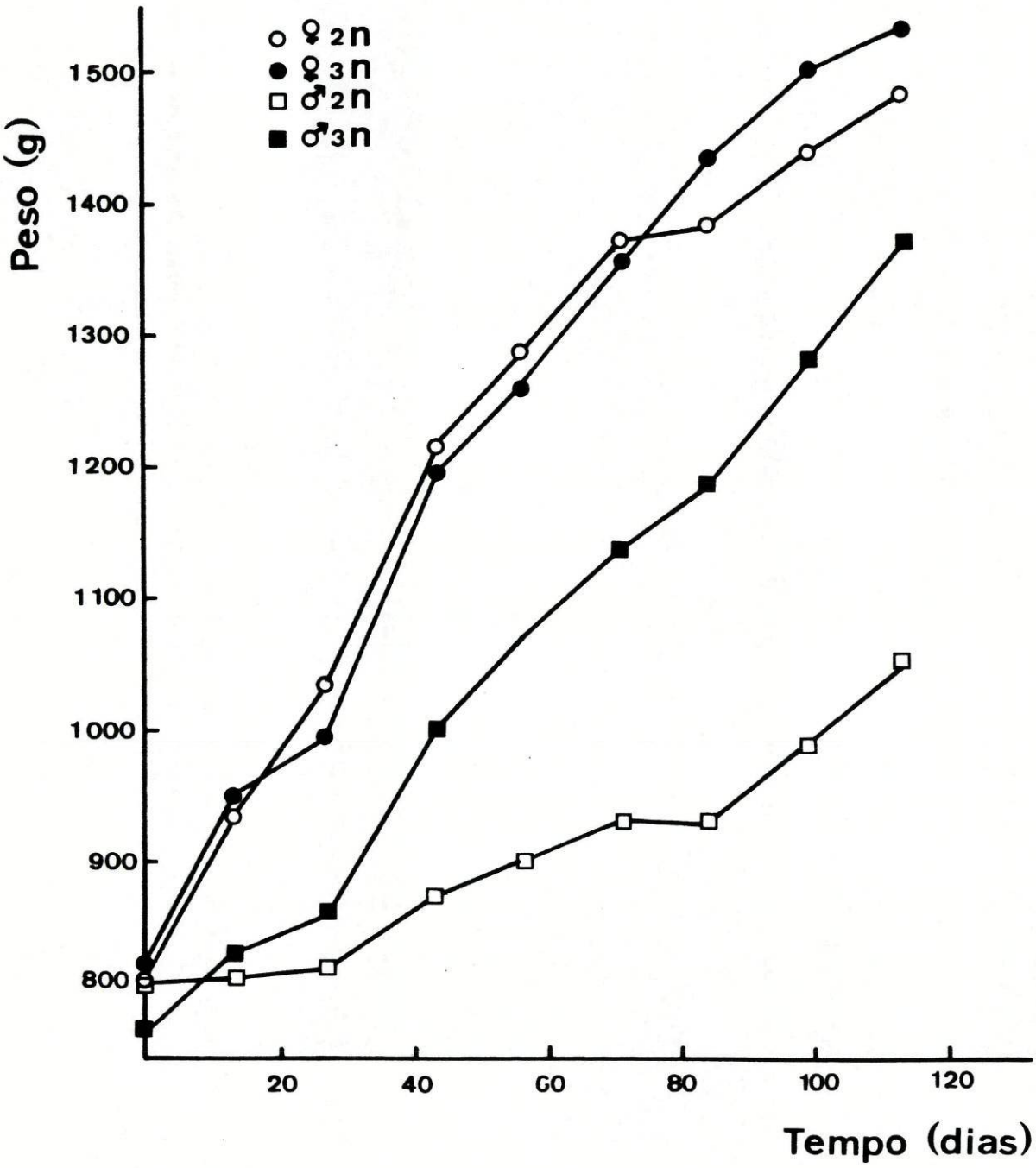


Figura 28. Crescimento médio, por sexos, de adultos diploides e triploides de truta arco-íris durante a experiência.

Tabela 35. Crescimento, por sexos, de adultos (2^{+}) diploides e triploides de truta arco-íris (1).

PLOIDIA:	2n		3n	
SEXO:	♂	♀	♂	♀
PESO INICIAL (g)	807,5(127,9)a	808,3(113,7)a	773,3(61,2)a	820,0(100,0)a
PESO FINAL (g)	1051,7(179,7)b	1481,7(318,6)a	1373,3(74,5)a	1531,7(166,3)a
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	0,23(0,09)b	0,53(0,17)a	0,51(0,04)a	0,55(0,05)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

Tabela 36. Índice visceral, gonadossomático e hepatossomático e composição corporal, por sexos e em percentagem do peso fresco, de adultos (2^{+}) diploides e triploides de truta arco-íris, no início e fim da experiência (1).

	INICIAL				FINAL			
PLOIDIA :	2n		3n		2n		3n	
SEXO :	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
ÍNDICE VISCERAL (%)	6,9(0,9)e	10,6(0,5)bc	6,9(0,3)e	7,7(2,6)de	9,1(1,3)cd	12,3(1,2)ab	12,0(0,6)ab	12,8(0,7)a
ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO (%)	0,7(0,1)ab	1,0(1,2)a	0,5(0,1)abc	0,05(0,02)c	0,3(0,3)bc	0,2(0,1)bc	0,2(0,1)bc	0,04(0,01)c
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,8(0,2)ab	1,5(0,3)bc	1,9(0,4)ab	0,9(0,2)c	1,4(0,2)bc	2,2(0,6)a	1,8(0,4)ab	1,6(0,2)ab
HUMIDADE (%)	75,9(0,5)a	72,6(0,2)ab	76,1(1,9)a	76,4(2,5)a	71,0(4,2)bc	68,7(2,9)bc	67,8(0,5)c	66,4(1,8)c
PROTEÍNAS (%)	16,7(2,3)b	16,9(0,5)b	16,7(0,4)b	16,9(0,4)b	17,0(1,2)b	17,5(0,6)ab	17,1(0,4)b	18,8(1,4)a
LÍPIDOS (%)	5,1(0,1)de	7,2(0,7)cd	5,1(1,4)de	4,7(2,4)e	8,2(2,8)bc	10,4(1,7)ab	11,2(0,5)a	11,8(1,5)a
CINZAS (%)	2,4(0,1)a	2,2(0,4)ab	2,0(0,2)b	1,9(0,2)b	2,1(0,1)b	2,2(0,4)ab	2,0(0,2)b	2,0(0,2)b
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	5,8(0,3)e	7,3(0,2)cd	6,5(0,5)de	5,8(0,8)e	7,6(1,1)bc	8,1(0,9)bc	8,3(0,2)ab	9,2(0,4)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

dual dos machos e fêmeas triploides não era estatisticamente diferente do das fêmeas diploides ($P>0,05$), mas era significativamente maior do que o dos machos diploides ($P<0,05$) (figura 28, tabela 35).

O índice de crescimento específico das fêmeas triploides foi ligeiramente maior do que o dos outros grupos, seguido de perto pelo das fêmeas diploides e dos machos triploides, mas as diferenças entre estes três grupos não foram estatisticamente significativas ($P>0,05$). Nos machos diploides, o índice de crescimento específico foi significativamente menor ($P<0,05$) do que o dos outros grupos (tabela 35).

8.3.2. Índices visceral, hepatossomático e gonadossomático

No início da experiência, o índice visceral variou entre 6,9 e 7,7 %, excepto nas fêmeas diploides em que foi de 10,6 %, valor significativamente maior do que o dos outros grupos ($P < 0,05$). No fim da experiência, o índice visceral aumentou significativamente em todos os grupos ($P>0,05$), relativamente aos valores iniciais, para 12 - 12,8 %, excepto nos machos diploides em que aumentou para 9,1 %, valor significativamente diferente do dos outros grupos ($P<0,05$) (tabela 36).

O índice gonadossomático foi muito reduzido em todos os grupos, e mostrou tendência para diminuir entre o início e o fim da experiência (tabela 36).

O índice hepatossomático aumentou significativamente ($P < 0,05$), entre o início e o fim da experiência, nas fêmeas das duas ploidias, enquanto nos machos não sofreu alterações

significativas (P>0,05) (tabela 36).

8.3.3. Composição corporal

A percentagem de humidade corporal diminuiu de 72,6 - 76,4 % para 66,4 - 71 %, entre o início e o fim da experiência, mas não diferiu significativamente (P>0,05) entre os dois sexos e as duas ploidias (tabela 36).

O conteúdo proteico não variou grandemente no decurso da experiência, excepto nas fêmeas triploides, em que aumentou significativamente (P<0,05) entre o início e o fim da experiência (tabela 36). No início da experiência, o conteúdo proteico não diferiu significativamente entre as trutas dos dois sexos e das duas ploidias (P>0,05), mas no final era significativamente maior (P<0,05) nas fêmeas triploides do que nos machos de ambas as ploidias.

O conteúdo lipídico aumentou significativamente no decurso da experiência (P<0,05), e este aumento foi mais importante nos peixes triploides (tabela 36).

O conteúdo em cinzas variou entre 1,9 e 2,4 % do peso do corpo e não sofreu grandes alterações no decurso da experiência, excepto nos machos diploides em que diminuiu significativamente (P<0,05) (tabela 36).

O conteúdo energético aumentou significativamente (P<0,05) entre o início e o fim da experiência, excepto nas fêmeas diploides nas quais não sofreu alterações apreciáveis (P>0,05) (tabela 36).

8.3.4. Digestibilidade aparente da dieta

Como se pode ver na tabela 37, não houve diferenças estatisticamente significativas (P>0,05) entre as duas ploidias, na digestibilidade aparente da dieta.

Em média, a digestibilidade aparente da matéria seca foi aproximadamente 50 %, a das proteínas 74 %, e a da energia 60 a 63 %.

Tabela 37. Digestibilidade aparente da dieta experimental (1).

PLOIDIA:	2n	3n
MATÉRIA SECA (%)	47,3a (0,0)a	51,0a (2,9)a
PROTEÍNAS (%)	73,5a (0,5)a	74,4a (1,1)a
ENERGIA (%)	59,5a (1,0)a	63,3a (3,1)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

8.4. DISCUSSÃO

Nesta experiência, o crescimento das trutas triploides foi ligeiramente superior ao das trutas diploides, tal como já vinha a verificar-se desde o período final de maturação sexual.

Nas duas ploidias, o crescimento das fêmeas foi, em média, superior ao dos machos. No entanto, as diferenças entre o peso médio individual das trutas dos dois sexos só foram estatisticamente significativas no caso dos diploides.

No fim da experiência, o peso médio individual das trutas dos dois sexos e das duas ploidias foi, em percentagem do peso das fêmeas diploides, 103,4 % nas fêmeas triploides, 92,7 % nos machos triploides e 71,0 % nos machos diploides.

Também na truta arco-íris, mas em populações em que se acompanhou o seu crescimento desde a eclosão, QUILLET (1986) verificou que o peso médio das trutas dos dois sexos e das duas ploidias, relativamente ao peso das fêmeas diploides que serviram de controlo, era, respectivamente depois da primeira e segunda maturação sexual, 107 e 119 % nas fêmeas triploides, 85 e 81 % nos machos triploides e 86 e 74 % nos machos diploides.

THORGAARD (1986) observou, também na truta arco-íris, que entre os dois e os três anos e meio de idade, o crescimento das trutas triploides era superior ao das diploides. Nesse espaço de tempo, as trutas triploides aumentaram o seu peso em 48 % e as diploides em 9,4 %. Estes valores referem-se a lotes mistos, constituídos por peixes dos dois sexos, sendo o lote triploide constituido por 5 fêmeas num total de 6 indivíduos, e o lote diploide por 17 indivíduos, dos quais o autor não indica o sexo.

Na nossa experiência, as trutas triploides utilizaram o alimento muito mais eficientemente do que as diploides mas, por termos realizado a experiência com lotes mistos de machos e fêmeas, não nos é possível concluir sobre o efeito do sexo na utilização do alimento.

Os valores do índice de conversão alimentar que obtivemos nesta experiência são consideravelmente superiores aos valores de 1,6 - 2, referidos como normais em explorações comerciais que se dedicam à produção de trutas de grande tamanho em água salgada (EDWARDS, 1978; HARACHE E FAURE, 1987), apesar de valores desta ordem de grandeza também serem referidos em algumas explorações comerciais (EDWARDS, 1978).

Os maus valores dos índices de utilização alimentar que obtivemos são, em parte, devidos à má digestibilidade da dieta que utilizámos, que por certo não será a mais adequada para trutas deste tamanho.

Os reduzidos valores dos índices gonadossomáticos confirmam que as trutas se encontravam em período de repouso sexual durante toda a experiência.

A comparação da composição corporal entre as trutas dos dois sexos e das duas ploidias mostra não terem sido muito importantes as diferenças entre elas, neste período.

De um modo geral, a percentagem de humidade corporal mostrou tendência para diminuir no decurso da experiência, e esta diminuição está directamente relacionada com o aumento do conteúdo lipídico das trutas. O conteúdo proteico não sofreu alterações apreciáveis durante a experiência, excepto no caso das fêmeas triploides, em que aumentou significativamente.

TAKEUCHI et al. (1981) observaram, numa população diploide de truta arco-íris constituída só por fêmeas que, nos adultos, no período de repouso sexual, a percentagem de humidade das carcaças diminuia, enquanto o conteúdo proteico e lipídico aumentava.

Tal como já tinhamos verificado nos juvenis, a determinação da digestibilidade aparente da dieta mostrou que, a esse nível, não são significativas as diferenças entre as duas ploidias.

Os resultados apresentados neste capítulo mostram que, nas populações constituídas por trutas dos dois sexos, o crescimento e a utilização do alimento pelos adultos em período de repouso sexual foi melhor nos triploides do que nos diploides.

Relativamente a cada um dos sexos e ploidias constatamos que, neste período, o crescimento das fêmeas das duas ploidias foi idêntico. O crescimento dos machos triploides foi também idêntico ao das fêmeas, e foi consideravelmente superior ao dos machos diploides, cujo crescimento foi o pior de todos.

SEGUNDA PARTE.

EFEITO DA INTERACÇÃO PROTEÍNA / ENERGIA

9. EFEITO DA ENERGIA DIGERÍVEL NA UTILIZAÇÃO ENERGÉTICA E AZOTADA DAS DIETAS

9.1. INTRODUÇÃO

No seu meio ambiente natural, os salmonídeos têm uma alimentação praticamente desprovida de hidratos de carbono, e não parecem estar bem adaptados fisiologicamente para os utilizar de modo eficiente (COWEY E SARGENT, 1979; SPANHOF E PLANTIKOW, 1983; KAUSHIK, 1987).

Apesar disso, vários autores têm mostrado que a incorporação de hidratos de carbono nas dietas para salmonídeos contribui para reduzir a utilização energética das proteínas (BUHLER E HALVER, 1961; PIEPER E PFEFFER, 1979, 1980a, b; BERGOT, 1979a, b).

Os hidratos de carbono são, muito provavelmente, a fonte energética mais barata e, por isso, são normalmente incluídos nas dietas a um nível relativamente elevado, compreendido entre os 20 e 40 % (MILLIKIN, 1982; HALVER, 1985).

A eficiência de utilização dos hidratos de carbono depende, entre outros factores, da sua digestibilidade, e esta varia de modo inverso com o grau de complexidade da molécula, entre 99 %, no caso da glucose, e 20 - 40 % no caso do amido (PHILLIPS E BROCKWAY, 1956; SINGH E NOSE, 1967; BERGOT, 1979b).

A aplicação de tratamentos tecnológicos, tais como a gelatinização e a extrusão, melhoram o aproveitamento digestivo

Tabela 38. Composição das dietas experimentais.

COMPONENTES ($g.Kg^{-1}$)	AG	AC	C
FARINHA DE PEIXE	550	550	
ÓLEO DE PEIXE	100	100	
COMPLEXO VITAMÍNICO (1)	20	20	
COMPLEXO MINERAL (2)	20	20	
ALGINATO DE SÓDIO	10	10	
AMIDO CRU	-	300	
AMIDO GELATINIZADO	300	-	
	1000	1000	
COMPOSIÇÃO QUÍMICA			
HUMIDADE (%)	7,3	7,0	9,3
PROTEÍNAS (%)	43,4	41,9	40,9
LÍPIDOS (%)	13,5	17,3	9,2
ENERGIA BRUTA ($KJ.g^{-1}$)	21,3	20,6	21,0

(1) LUQUET (1971)

(2) EIFAC (1971)

do amido (BERGOT E BREQUE, 1983), que passa a ter um valor, como fonte energética, comparável ao dos lípidos (PIEPER E PFEFFER, 1979; 1980a, b).

Na experiência que passamos a expor, pretendemos comparar o efeito da substituição nas dietas, do amido cru por amido gelatinizado, no crescimento e utilização do alimento pela truta arco-íris.

9.2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta experiência foi integralmente realizada em França, nas instalações do I.N.R.A., em St. Pée-sur-Nívelle, e compreendeu duas partes:

1) ensaio de crescimento,

2) determinação da excreção pós-prandial de amónia.

O ensaio de crescimento decorreu na piscicultura experimental do I.N.R.A., em Donzacq. As dietas experimentais foram preparadas conforme descrito na metodologia geral, e a sua composição está indicada na tabela 38.

Constituíram-se para o efeito 5 lotes de trutas arco-íris, Salmo gairdneri, cada um com 100 indivíduos, de peso médio individual de 50 g. A dois desses lotes distribuiu-se a dieta AC, a outros dois a dieta AG, e a outro uma dieta comercial, que serviu de controlo.

As trutas foram alimentadas duas vezes ao dia, à saciedade, sendo o seu peso, bem como o do alimento ingerido, registados no décimo-quarto dia e no final da experiência, ou seja,

no vigésimo-oitavo dia. A experiência decorreu à temperatura de 18 ° C.

Após a pesagem final, retiraram-se fezes em vários peixes de cada grupo para determinação da digestibilidade aparente das dietas.

No início e no fim da experiência sacrificaram-se 5 trutas de cada lote, que foram de imediato congeladas, para posterior análise da composição corporal. Em cada lote, as trutas a analisar quimicamente foram homogeneizadas em conjunto, e as análises químicas foram efectuadas em duplicado.

Terminado o ensaio de crescimento, transferiram-se 15 trutas de cada grupo experimental para tanques de 60 l de volume útil, no sistema de recirculação de água, no laboratório, que regulámos à temperatura de 18 ± 1 ° C.

As trutas foram adaptadas às condições experimentais durante uma semana. Durante esse período de tempo foram alimentadas uma vez ao dia (tempo 0), à saciedade, com as respectivas dietas experimentais.

Após o período de aclimatação, doseou-se, nas trutas alimentadas, a excreção de amónia em contínuo, durante três dias consecutivos, com o auxílio de um autoanalizador, conforme descrito na metodologia geral.

9.3. RESULTADOS

9.3.1. Crescimento e utilização do alimento

O peso médio final das trutas alimentadas com as duas dietas experimentais foi idêntico, e superior ao das trutas alimentadas com a dieta comercial. O mesmo aconteceu relativamente ao índice de crescimento específico e ao ganho de peso diário (figura 29; tabela 39).

As trutas alimentadas com a dieta AG ingeriram uma quantidade de alimento significativamente menor ($P<0,05$) do que as trutas alimentadas com a dieta AC, e ambos os grupos consumiram menos alimento do que as trutas alimentadas com a dieta comercial (tabela 39).

O índice de conversão alimentar e o índice de eficiência proteica foram melhores nas trutas alimentadas com a dieta AG do que nas trutas alimentadas com a dieta AC. Nas trutas alimentadas com a dieta comercial, a utilização do alimento foi consideravelmente inferior à das trutas alimentadas com as duas dietas experimentais (tabela 39).

9.3.2. Índice hepatossomático e composição corporal

No fim da experiência, o índice hepatossomático era maior nas trutas alimentadas com a dieta AG do que nas alimentadas com a dieta AC e, em ambos os grupos, foi maior do que nas trutas alimentadas com a dieta comercial (tabela 40).

Relativamente aos valores iniciais, as trutas possuiam,

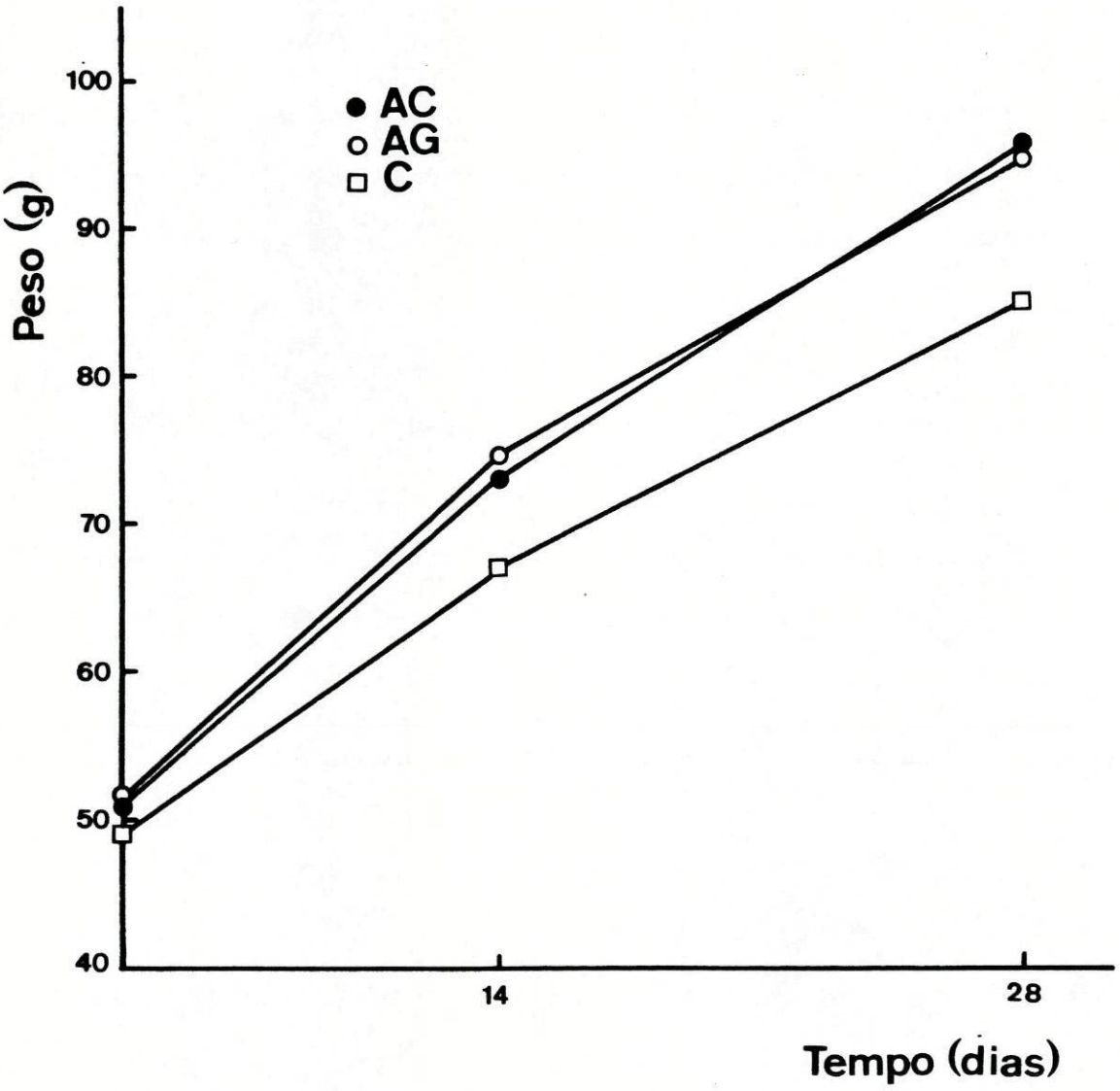


Figura 29. Crescimento médio de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

Tabela 39. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade das trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

	AG	AC	C
CONSUMO DE ALIMENTO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	16,0b	21,0a	28,1c
PESO INICIAL (g)	51,8a	51,0a	49,0a
PESO FINAL (g)	94,7a	95,8a	85,0b
MORTALIDADE (%)	0,5	0,5	0
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	2,16	2,24	1,97
GANHO DE PESO DIÁRIO ($g.Kg.^{-1}.dia^{-1}$)	21,0	21,6	19,2
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	0,79	0,98	1,47
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	2,84	2,21	1,67

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ($P>0,05$).

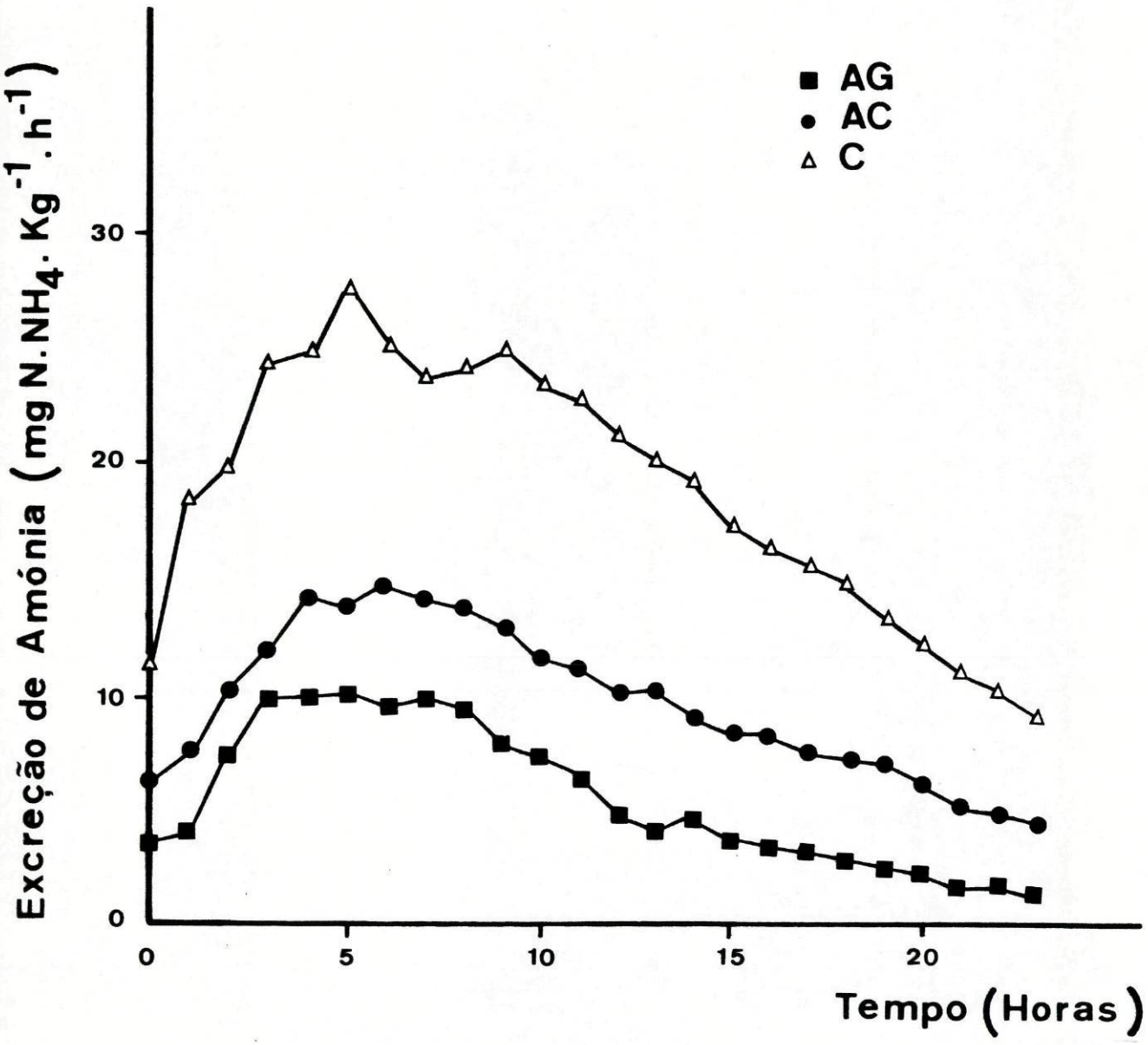


Figura 30. Variação diária da excreção de amónia pós-prandial de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

no fim da experiência, uma menor percentagem de humidade corporal e um conteúdo lipídico e energético maiores. O conteúdo proteico não sofreu alterações apreciáveis durante o ensaio. O conteúdo lipídico das trutas alimentadas com a dieta AC era, no fim da experiência, maior do que o das trutas alimentadas com a dieta AG e, nos dois casos, era maior do que o das trutas alimentadas com a dieta comercial (tabela 40).

Tabela 40. Índice hepatossomático e composição corporal, em percentagem do peso fresco, de truta arco-íris no início e fim da experiência (1).

	INICIAL	FINAL		
DIETA:		AG	AC	C
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)		3,5	1,6	1,0
HUMIDADE (%)	73,3	71,0	69,9	72,0
PROTEÍNAS (%)	16,5	15,9	16,3	16,7
LÍPIDOS (%)	7,6	10,8	12,1	9,2
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	6,6	7,8	8,2	7,3

(1) Valores médios.

9.3.3. Excreção de amónia

A variação diária da excreção de amónia pós-prandial foi idêntica nos três grupos experimentais (figura 30).

A excreção de amónia aumentou gradualmente desde a ingestão do alimento até atingir um pico, 4 a 6 horas depois, e

Tabela 41. Balanços energéticos e azotados de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

DIETA:	AG	AC	C
ENERGIA			
INGERIDA ($KJ.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	118,1	145,0	165,6
DIGERÍVEL (%EI)(1)	81,0	75,0	72,0
METABOLIZÁVEL (%EI)	78,7	71,8	68,6
RETIDA (%EI)(2)	47,1	42,5	27,2
AZOTO			
INGERIDO (%)($gN.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	0,38	0,47	0,52
FECAL (%NI)(1)	15,7	12,9	13,0
URINÁRIO + BRANQUIAL (%NI)	28,8	39,5	43,7
RETIDO (%NI)(2)	37,7	33,7	28,8

(1) EI - energia ingerida; NI - azoto ingerido.

(2) Calculado através da análise da composição corporal.

em seguida começou a diminuir lentamente até à nova ingestão de alimento.

Em percentagem do azoto ingerido, a excreção diária de amónia foi bastante menor nas trutas alimentadas com a dieta AG, em que foi de 28,8 %, do que nas trutas alimentadas com as dietas AC e comercial, em que foi de 39,5 % e 43,7 %, respectivamente.

9.3.4. Balanços energéticos e azotados

Do conjunto dos resultados recolhidos nesta experiência foi possível estabelecer os balanços energéticos e azotados das trutas dos três grupos experimentais, que apresentamos na tabela 41.

A digestibilidade dos substratos energéticos foi melhor e as perdas de energia urinária e branquial foram menores nas trutas alimentadas com a dieta AG do que nas trutas alimentadas com a dieta AC, o que se reflectiu numa maior retenção energética nas trutas alimentadas com aquela dieta.

Relativamente às trutas alimentadas com a dieta comercial, a retenção energética nas trutas alimentadas com as duas dietas experimentais foi, em percentagem da energia ingerida, 15 a 20 % superior.

A estimativa dos balanços azotados mostra que as perdas de azoto fecal foram maiores, mas as perdas de azoto urinário e branquial foram consideravelmente menores, nas trutas alimentadas com a dieta AG do que nos outros grupos, o que se reflectiu numa retenção azotada, medida em percentagem do azoto ingerido, de 37,7 % neste grupo, valor consideravelmente superior aos conse-

guidos com as dietas AC e comercial, em que foi de 33,7 % e 28,8 %, respectivamente.

9.4. DISCUSSÃO

Os resultados expostos neste capítulo mostram que a ingestão voluntária de alimento foi menor nas trutas alimentadas com a dieta AG do que nas alimentadas com a dieta AC. Como a digestibilidade dos substratos energéticos da dieta AG foi superior à da dieta AC, esta observação contribui para confirmar a afirmação de CHO E KAUSHIK (1985) de que a ingestão de alimento é regulada pela quantidade de energia digerível ingerida e não pela da energia bruta.

O facto de as trutas alimentadas com a dieta AG terem ingerido uma menor quantidade de alimento, devido, essencialmente, a uma maior disponibilidade da energia fornecida pelos hidratos de carbono, não se reflectiu numa redução do crescimento destes animais, como tinham referido HILTON E SLINGER (1983).

Na nossa experiência, apesar de o crescimento das trutas dos dois grupos experimentais ter sido idêntico, a utilização do alimento foi mais eficiente com a dieta AG.

O aumento da quantidade de hidratos de carbono digeríveis nas dietas contribuiu para diminuir o desperdício das proteínas como fonte energética, melhorando, assim, a sua utilização para crescimento, o que está de acordo com os resultados de BERGOT (1979a) e PIEPER E PFEFFER (1980a, b).

A excreção de azoto amoniacal mostrou ser afectada pela

quantidade de energia digerível das dietas. As perdas urinárias e branquiais de azoto amoniacal nas trutas alimentadas com a dieta AG foram, em percentagem do azoto ingerido, 10 % inferiores às das trutas alimentadas com a dieta AC e 15 % inferiores às das trutas alimentadas com a dieta comercial. Consequentemente, a retenção azotada foi superior nas trutas alimentadas com aquela dieta, apesar de as perdas de azoto fecal terem sido ligeiramente superiores nesse grupo.

No que se refere à composição corporal, a principal diferença entre os dois grupos experimentais relaciona-se com o conteúdo lipídico, que foi maior nas trutas alimentadas com a dieta AC, o que pode ter sido devido ao maior conteúdo lipídico desta dieta.

Segundo BERGOT (1979a) e PIEPER E PFEFFER (1980a, b) o aumento da energia digerível das dietas, conseguido com uma maior inclusão de hidratos de carbono, não influência sensivelmente a composição corporal das trutas.

AUSTRENG et al. (1977) notaram, pelo contrário, uma diminuição do conteúdo lipídico e energético, e um aumento do conteúdo proteico, nas trutas alimentadas com as dietas que continham as maiores concentrações de hidratos de carbono que testaram, e REFSTIE E AUSTRENG (1981), em condições idênticas, notaram uma diminuição da matéria seca, lípidos e cinzas.

Os valores do índice hepatossomático que observámos neste trabalho são semelhantes aos indicados por BERGOT (1979a) e PIEPER E PFEFFER (1980a), e estão de acordo com a observação geral de que o tamanho do fígado e o seu conteúdo em glicogénio aumentam proporcionalmente ao aumento da incorporação de hidratos

de carbono digeríveis nas dietas (PHILLIPS E BROCKWAY, 1956; BUHLER E HALVER, 1961; LEE E PUTNAM, 1973; AUSTRENG et al.,1977).

Podemos, assim, concluir que, no nível de inclusão testado, a incorporação de amido gelatinizado nas dietas contribuiu para melhorar a sua eficiência de utilização energética e azotada pela truta arco-íris, devido ao aumento da energia digerível e à diminuição das perdas metabólicas de azoto amoniacal.

10. EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE PROTEÍNAS POR LÍPIDOS NA UTILIZAÇÃO DAS DIETAS POR JUVENIS

10.1. INTRODUÇÃO

Os resultados da experiência anterior levaram-nos a encarar a possibilidade de reduzir o nível de incorporação proteica, em dietas para a truta arco-íris contendo um teor elevado em hidratos de carbono digeríveis, através da sua substituição por lípidos.

Nesse sentido, elaborámos duas dietas experimentais, isoenergéticas, uma com uma composição idêntica à da dieta AG (dieta 1), que serviu de controlo, e outra em que reduzímos em 10 % o nível de inclusão proteica, e aumentámos o conteúdo lipídico em cerca de 8 % (dieta 2).

Essas dietas foram então ensaiadas em alevins diploides e triploides, e os resultados foram apresentados no capítulo 5. Aí concluímos que a dieta 2 não era adequada para o crescimento de alevins, facto que atribuímos a esta dieta ter um conteúdo proteico insuficiente para cobrir os seus requesitos de crescimento.

Decidimos, por isso, repetir o ensaio de crescimento durante o período juvenil, e recolher informações sobre a digestibilidade e a utilização metabólica dessas dietas, de modo a compreendermos com mais clareza os resultados obtidos.

10.2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta experiência foi realizada em duas partes:

1) ensaio de crescimento

2) determinação do consumo de oxigénio e da excreção de amónia pós-prandiais.

O ensaio de crescimento decorreu na Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada, em jaulas de 550 l de volume útil, conforme o protocolo descrito na metodologia geral.

Estabeleceram-se, para cada dieta, triplicados, cada um com 20 trutas arco-íris, de peso médio individual de 15 g, às quais se distribuiu o alimento duas vezes ao dia, numa quantidade correspondente a 2 % do peso do corpo durante os primeiros 28 dias de experiência, e 3 % durante o resto do período experimental. Houve necessidade de fazer esta correcção pelo facto de a quantidade de alimento inicialmente distribuido ser insuficiente para proporcionar um crescimento adequado das trutas, em consequência da elevada temperatura da água durante o ensaio.

A composição das dietas experimentais está indicada na tabela 12 (capítulo 5).

O ensaio de crescimento durou 146 dias. No decurso da experiência a temperatura mensal da água foi, em média, 20 - 22°C, excepto no último mês, em que diminuiu gradualmente de 20 para 12 ° C.

Durante os primeiros 56 dias de experiência as trutas foram pesadas e contadas quinzenalmente, e o alimento a distribuir no período seguinte foi reajustado nessa altura. Desde

então, e para evitar o manuseamento excessivo dos peixes devido à elevada temperatura da água, estas operações passaram a executar-se de três em três semanas.

No fim da experiência, e no dia de pesagem imediatamente anterior, retiraram-se fezes nas trutas dos vários grupos, para determinação da digestibilidade aparente das dietas.

No fim do ensaio de crescimento, transferiram-se 12 trutas de cada grupo experimental para tanques de 40 l de volume útil, no sistema de recirculação de água instalado no Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", no Porto, onde se procedeu às determinações metabólicas, conforme o protocolo descrito na metodologia geral.

Após uma semana de adaptação às condições experimentais, durante a qual as trutas foram alimentadas uma vez ao dia (tempo 0) com uma quantidade de alimento correspondente a 2 % do peso do corpo, doseou-se o consumo de oxigénio e a excreção de amónia pós-prandiais, durante três dias consecutivos. A excreção de amónia foi doseada em contínuo, através de um autoanalizador, conforme descrito na metodologia geral, e o consumo de oxigénio foi doseado manualmente com um eléctrodo potenciométrico de oxigénio, 8 vezes ao dia, com início no momento da distribuição do alimento, uma hora depois e, em seguida, de duas em duas horas.

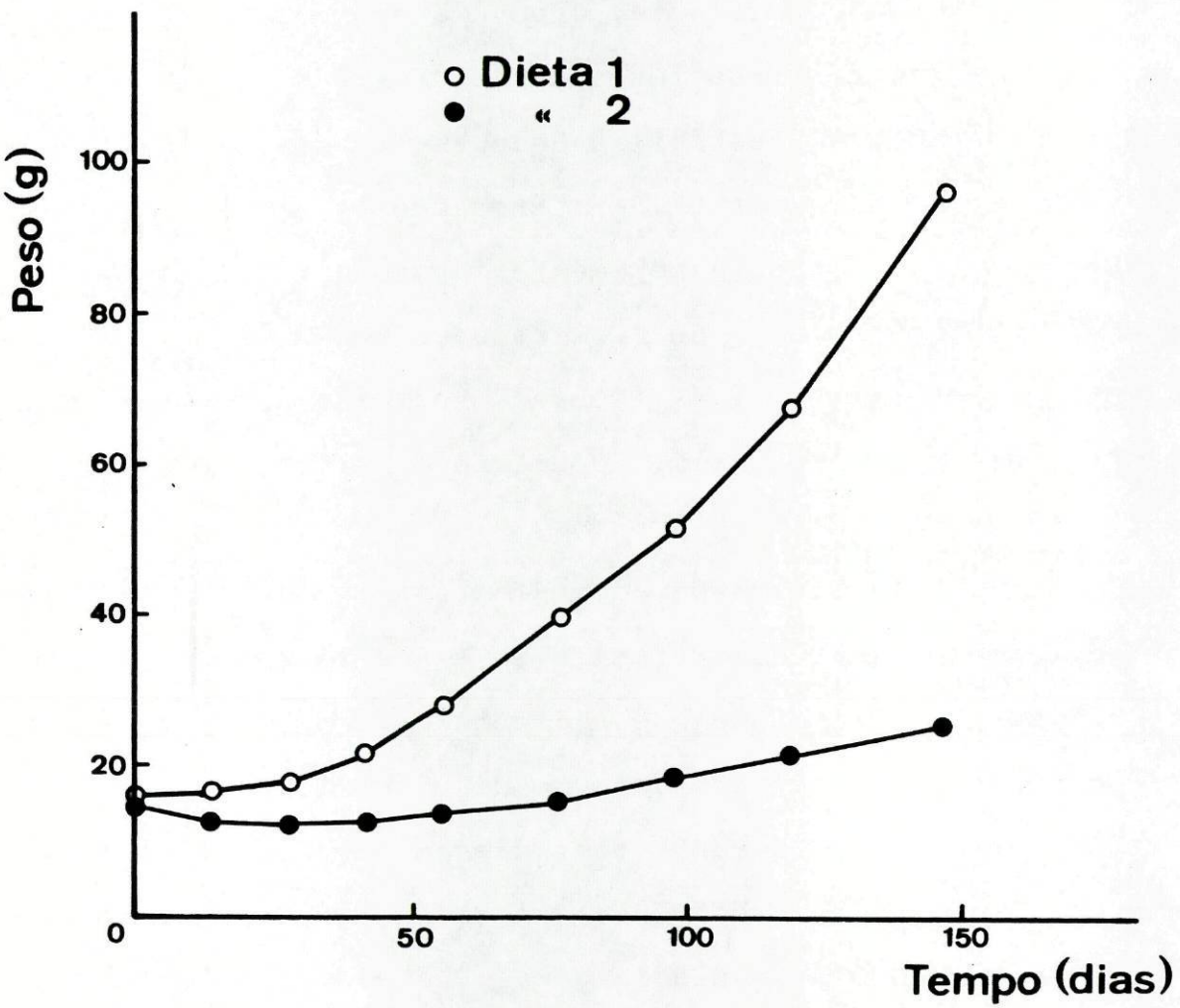


Figura 31. Crescimento médio de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

10.3. RESULTADOS

10.3.1. Crescimento e utilização do alimento

O crescimento das trutas alimentadas com a dieta 1 foi muito reduzido nos primeiros 28 dias de experiência, devido à quantidade de alimento distribuído ser insuficiente para garantir um crescimento satisfatório à temperatura a que se realizou o ensaio. A partir do momento em que se aumentou a quantidade de alimento distribuído, o crescimento melhorou e as trutas atingiram, no fim do ensaio de crescimento, o peso médio de 95,9 g (figura 31; tabela 42).

Nas trutas alimentadas com a dieta 2, o crescimento foi muito inferior ao das trutas alimentadas com a dieta 1. Durante os primeiros 28 dias de experiência perderam peso e, desde que se aumentou a quantidade de alimento distribuído, aumentaram-no de tal modo lentamente que, 49 dias depois, ele era idêntico ao peso inicial, e no fim da experiência era de apenas 25 g (figura 31; tabela 42).

A mortalidade foi bastante elevada nesta experiência (tabela 42) e ficou a dever-se, essencialmente à elevada temperatura da água que, concordantemente, fez com que a maior parte das mortes se verificassem nos dias seguintes aos das pesagens, em consequência do manuseamento dos peixes.

A utilização do alimento, medida em termos de índice de conversão alimentar e índice de eficiência proteica, foi muito melhor nas trutas alimentadas com a dieta 1 do que nas trutas alimentadas com a dieta 2, o que se reflectiu numa retenção

Tabela 42. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	1	2
PESO INICIAL (g)	16,1 a	15,4 a
PESO FINAL (g)	95,9 a	25,0 b
MORTALIDADE (%)	40,0	43,3
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	1,22	0,33
GANHO DIÁRIO DE PESO (g/Kg/dia)	23,0	2,7
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	1,76	8,85
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	1,40	0,41
RETENÇÃO AZOTADA (% NI)(2)	27,0	8,0
RETENÇÃO ENERGÉTICA (%EI)(3)	18,8	3,9

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

(2) NI - azoto ingerido.

(3) EI - energia ingerida.

azotada e energética muito maior nas trutas daquele grupo.

10.3.2. Índice hepatossomático e índice visceral

O índice hepatossomático aumentou significativamente ($P<0,05$) no decurso da experiência, e este aumento foi estatisticamente maior ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 2 do que nas trutas alimentadas com a dieta 1 (tabela 43).

O índice visceral não variou significativamente ($P>0,05$) entre o início e o fim da experiência nas trutas alimentadas com a dieta 1, mas diminuiu de modo estatisticamente significativo ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 2 (tabela 43).

10.3.3. Composição corporal

A percentagem de humidade corporal diminuiu significativamente ($P<0,05$) entre o início e o fim da experiência. No fim da experiência foi significativamente menor ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 1 do que nas trutas alimentadas com a dieta 2.

O conteúdo proteico e lipídico aumentaram significativamente entre o início e o fim da experiência ($P<0,05$). No final da experiência, estes dois parâmetros eram significativamente maiores ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 1 do que nas trutas alimentadas com a dieta 2 (tabela 43).

O conteúdo energético aumentou significativamente no decurso da experiência nas trutas alimentadas com a dieta 1

Tabela 43. Índice hepatossomático, índice visceral e composição corporal, em percentagem do peso fresco, de trutas arco-íris no início e fim da experiência (1).

	INICIAL	FINAL	
DIETA :		1	2
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,7(0,3)c	2,3(0,4)b	2,9(0,7)a
ÍNDICE VISCERAL (%)	16,5(2,7)a	16,8(1,9)a	13,6(2,3)b
HUMIDADE (%)	76,6(1,3)a	70,5(1,3)c	74,4(1,4)b
PROTEÍNAS (%)	16,2(0,1)c	18,6(0,6)a	17,2(0,5)b
LÍPIDOS (%)	4,7(0,3)c	8,5(0,5)a	6,1(0,8)b
CINZAS (%)	2,6(0,05)b	2,6(0,2)b	3,2(0,2)a
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	5,2(0,2)b	6, (0,7)a	5,7(0,5)b

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

($P<0,05$), mas não nas trutas alimentadas com a dieta 2 ($P>0,05$) (tabela 43).

A percentagem de cinzas foi idêntica no início e fim da experiência nas trutas alimentadas com a dieta 1, mas aumentou significativamente ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 2 (tabela 43).

10.3.4. Digestibilidade aparente das dietas

Os valores da digestibilidade aparente das duas dietas experimentais indicam-se na tabela 44.

A digestibilidade aparente da matéria seca da dieta 1 foi ligeiramente superior à da dieta 2, mas esta diferença não foi estatisticamente significativa ($P>0,05$).

Tanto a digestibilidade aparente das proteínas como da energia da dieta 1 foram cerca de 9 % superiores à da dieta 2, e esta diferença foi estatisticamente significativa ($P<0,05$).

10.3.5. Excreção de amónia

Nas trutas alimentadas com a dieta 1, a excreção de amónia pós-prandial aumentou rapidamente para um valor máximo, que atingiu cerca de 4 horas depois da ingestão do alimento, e manteve-se elevada durante cerca de 5 horas. Em seguida, começou a diminuir lentamente, até ao momento da nova ingestão de alimento (figura 32).

Nas trutas alimentadas com a dieta 2, a excreção de

Tabela 44. Digestibilidade aparente das dietas experimentais (1).

DIETA	1	2
MATÉRIA SECA (%)	56,7(5,2)a	52,2(4,3)a
PROTEÍNAS (%)	72,8(3,6)a	63,5(2,5)b
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	67,9(1,2)a	59,0(2,1)b

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

Tabela 45. Metabolismo azotado e energético de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA:	1	2
CONSUMO DE OXIGÊNIO ($mg.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	6309,8(110,4)a	6342,3(376,5)a
ENERGIA DO METABOLISMO (% da energia ingerida)	22,4(3,6)a	32,8(14,8)a
EXCREÇÃO DE AMÔNIA ($mgN.NH_4.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	248,4(35,0)a	155,0(15,2)b
EXCREÇÃO DE AMÔNIA (% do azoto ingerido)	23,0(1,2)a	28,0(9,8)a
A.Q.	0,090(0,011)a	0,056(0,003)b
ENERGIA PROTEICA (% da energia do metabolismo)	27,3	17,3

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

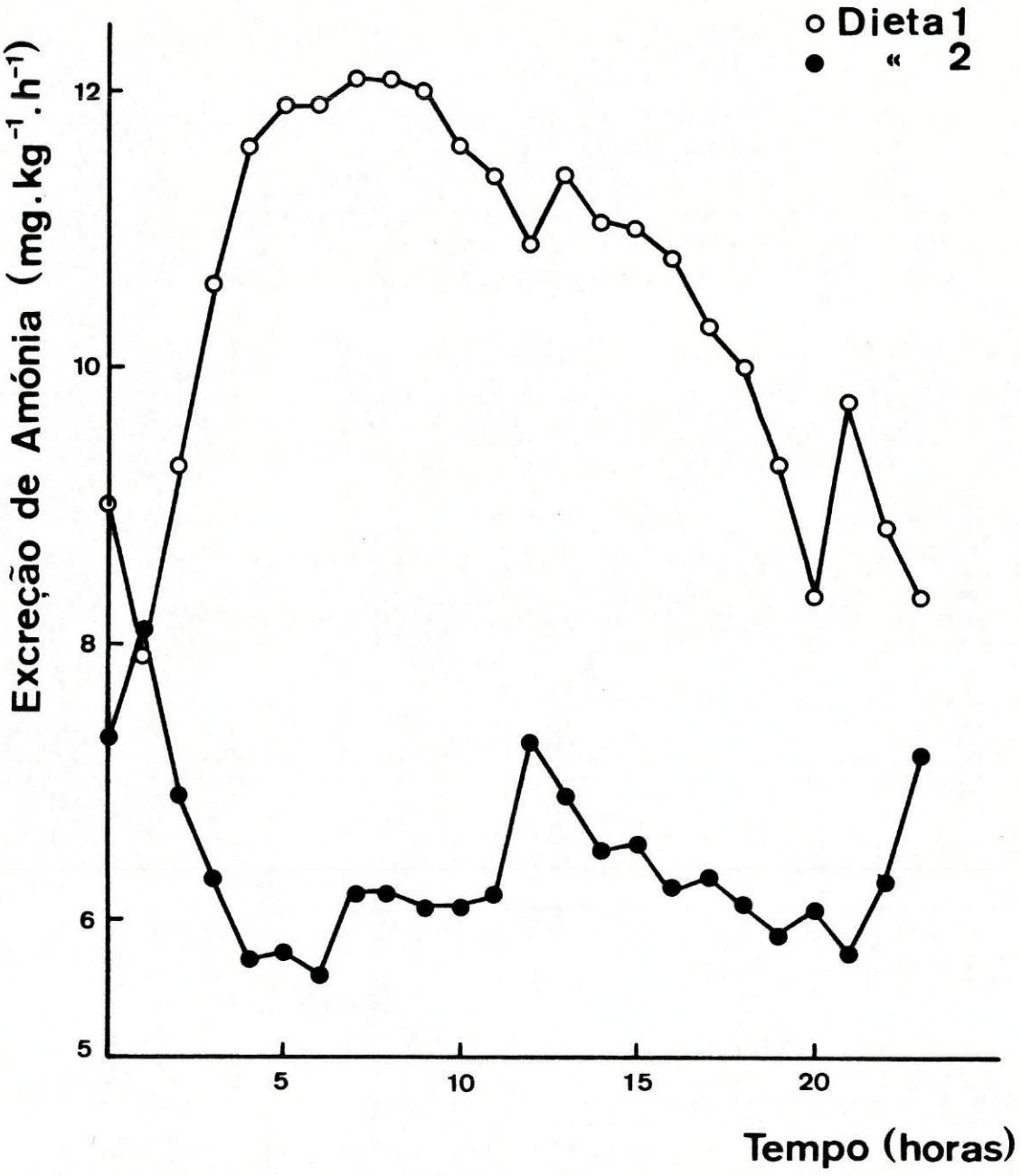


Figura 32. Variação diária da excreção de amónia pós-prandial de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

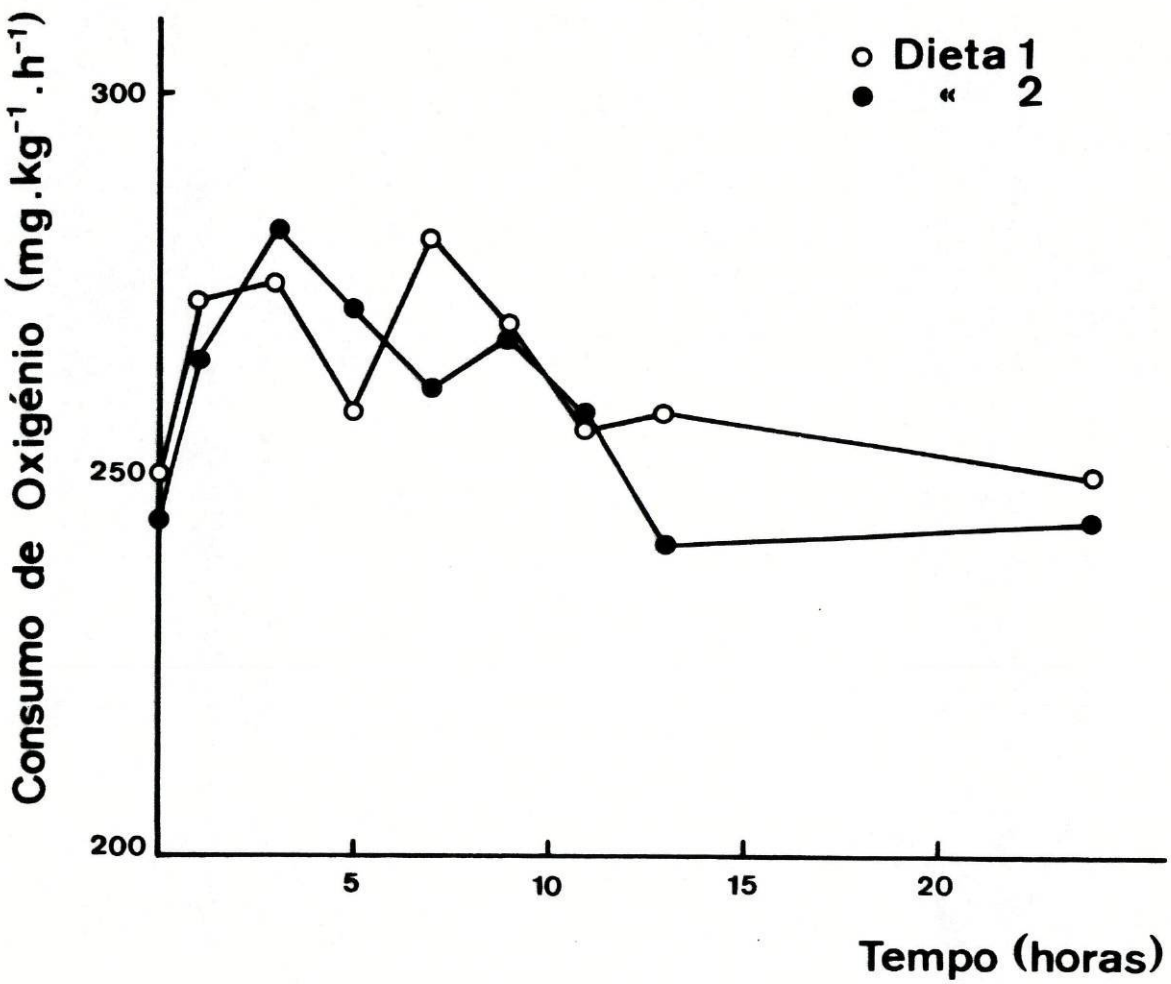


Figura 33. Variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

amónia começou a aumentar cerca de 3 horas antes da ingestão do alimento, e atingiu o valor máximo de excreção diária uma hora depois da respectiva ingestão. Em seguida, diminuiu durante cerca de 5 horas e, depois, aumentou para um novo pico, inferior ao primeiro, que atingiu cerca de 12 horas depois da ingestão do alimento. Por fim, tornou a diminuir até cerca de 3 horas antes da nova ingestão de alimento (figura 32).

Em valores absolutos, a excreção diária de amónia nas trutas alimentadas com a dieta 1 foi significativamente maior ($P < 0,05$) do que a das trutas alimentadas com a dieta 2. No entanto, em percentagem do azoto ingerido, apesar de, em média, a excreção de azoto amoniacal ser maior nas trutas alimentadas com a dieta 2, a diferença entre os dois grupos experimentais não foi estatisticamente significativa (tabela 45).

10.3.6. Consumo de oxigénio

A variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial foi idêntica nos dois grupos experimentais (figura 33).

O consumo de oxigénio aumentou logo depois da ingestão do alimento até atingir um pico, cerca de 3 horas depois, e manteve-se elevada durante 4 - 5 horas. Por fim, diminuiu lentamente até à nova ingestão de alimento.

Em valores absolutos, o consumo de oxigénio não diferiu significativamente ($P>0,05$) nas trutas dos dois grupos experimentais (tabela 45).

A produção de calor, expressa em percentagem da energia ingerida, foi consideravelmente maior nas trutas alimentadas com

Tabela 46. Balanços energéticos e azotados de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA:	1	2
ENERGIA		
INGERIDA ($KJ.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	363,2	275,9
DIGERIVEL (%EI)(1)	67,9	59,0
METABOLIZÁVEL (%EI)	66,2	57,6
RETIDA (%EI)	43,8	24,8
AZOTO		
INGERIDO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	1,08	0,59
FECAL (%NI) (2)	27,2	36,5
URINÁRIO + BRANQUIAL (%NI)	23,0	28,0
RETIDO (%NI)	49,8	35,5

(1) EI - energia ingerida.

(2) NI- azoto ingerido.

a dieta 2 do que nas trutas alimentadas com a dieta 1, mas a diferença entre os dois grupos experimentais não foi estatisticamente significativa ($P>0,05$) (tabela 45).

O quociente de amónia foi significativamente menor ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 2 do que nas trutas alimentadas com a dieta 1, o que indica que aquelas utilizaram uma menor percentagem de energia proteica na cobertura das suas necessidades energéticas do que as trutas alimentadas com a dieta 1 (tabela 45).

10.3.7. Balanços energéticos e azotados

Baseados nas determinações do metabolismo respiratório, da excreção de amónia e da digestibilidade aparente das dietas, estabelecemos os balanços energéticos e azotados das trutas alimentadas com as duas dietas experimentais, que apresentamos na tabela 46.

Os balanços energéticos mostram que, em percentagem da energia ingerida, a energia disponível para ser retida foi, 19 % superior nas trutas alimentadas com a dieta 1 do que nas trutas alimentadas com a dieta 2. Este facto ficou a dever-se à melhor digestibilidade dos substratos energéticos e, também, à menor proporção de energia ingerida dispendida no metabolismo energético pelas trutas alimentadas com aquela dieta.

Os balanços azotados mostram que o azoto disponível para ser retido foi, em percentagem do azoto ingerido, 14 % superior nas trutas alimentadas com a dieta 1 do que nas trutas alimentadas com a dieta 2, em consequência das menores perdas

fecais, urinárias e branquiais de azoto nas trutas alimentadas com aquela dieta.

10.4. DISCUSSÃO

Os resultados expostos neste capítulo confirmam a inadequabilidade da dieta 2 para juvenis de truta arco-íris.

Nesta experiência, tanto o crescimento como a utilização do alimento foram piores do que os conseguidos com os alevins (capítulo 5) o que, em grande parte, foi devido à elevada temperatura da água durante o ensaio de crescimento, e também ao facto de as trutas terem sido alimentadas durante um período de tempo considerável com uma quantidade de alimento pouco mais que suficiente (dieta 1) ou insuficiente (dieta 2) para cobrir as suas necessidades de manutenção. No cômputo geral dos resultados, isto reflecte-se numa diminuição da eficiência de crescimento e de utilização do alimento (HUISMAN, 1976; STEFFENS, 1981).

Os valores de digestibilidade aparente das dietas experimentais foram bastante inferiores aos normalmente encontrados na literatura (WINDELL et al., 1978; CHO E SLINGER, 1979a; NRC, 1981).

A digestibilidade aparente das proteínas foi consideravelmente pior na dieta 2 do que na dieta 1, o que pode ser explicado, pelo menos parcialmente, por a digestibilidade das proteínas diminuir com a redução do seu nível de inclusão nas dietas, segundo AUSTRENG E REFSTIE (1979) e BEAMISH E THOMAS (1984). Esta justificação não é, porém, suficiente para explicar

a pior digestibilidade da energia nesta dieta.

Em consequência das diferenças de digestibilidade das duas dietas, a quantidade de proteínas digeríveis era da ordem de 30 % da matéria seca na dieta 1 e de somente 19 % na dieta 2, valor bastante inferior ao mínimo considerado necessário para o crescimento satisfatório da truta arco-íris (POSSOMPES, 1973; SATIA, 1974; CHO et al., 1976b; TAKEUCHI et al., 1978a; AUSTRENG E REFSTIE, 1979; WATANABE et al., 1979).

Como já referimos, os peixes parecem regular a ingestão de alimento de modo a cobrir as suas necessidades energéticas. Importa, por isso, relacionar o conteúdo proteico da dieta com o valor energético desta e, habitualmente, esta relação é expressa em termos de proteína bruta/energia digerível. Todavia, a proteína realmente utilizada pelo organismo depende, além do seu valor biológico, da sua digestibilidade. Assim, e de acordo com JOBLING (1983) e CHO E KAUSHIK (1985), parece-nos mais lógico exprimir esta relação em termos de nutrientes digeríveis, de modo a ultrapassar as variações de digestibilidade normalmente encontradas entre as várias fontes de nutrientes.

Expressa desse modo, obtemos para a razão proteína digerível/energia digerível os valores de 19,9 e 14,3 mg/KJ, respectivamente nas dieta 1 e 2.

Enquanto na dieta 1 esta razão está dentro dos valores considerados adequados para esta espécie (LEE E PUTNAM, 1973; GULBRANDSEN E UTNE, 1977; TAKEUCHI et al., 1978c; ver também capítulo 11), na dieta 2 este valor situa-se muito abaixo do óptimo, o que explica os fracos resultados zootécnicos obtidos com esta dieta.

A comparação da composição corporal entre as trutas dos dois grupos experimentais mostra que o conteúdo proteico aumentou com o aumento do teor proteico nas dietas, enquanto que o conteúdo lipídico e energético diminuiram com o aumento do teor lipídico nas dietas.

Estes resultados diferem dos normalmente encontrados na literatura (WATANABE et al., 1979; REINITZ E HINTZEL, 1980; REINITZ 1983a, b) e que mostram que o conteúdo proteico das trutas não é grandemente influenciado pela percentagem de inclusão proteica nas dietas, enquanto que o conteúdo lipídico aumenta com o aumento do teor lipídico nas dietas. Podem, porém, ser justificados pelo facto de as trutas alimentadas com a dieta 2 não terem ingerido, durante os primeiros 28 dias de experiência, uma quantidade de alimento suficiente para satisfazer as suas necessidades de manutenção tendo, por isso, mobilizado grande parte das suas reservas lipídicas para tal fim. A partir dessa altura, o alimento ingerido foi suficiente para permitir um crescimento limitado, mas insuficiente para proporcionar a acumulação de grandes reservas lipídicas, o que se reflectiu também na diminuição do índice visceral nas trutas deste grupo, no fim do ensaio de crescimento.

O aumento do índice hepatossomático no decurso da experiência deve-se, tal como vimos no capítulo anterior, ao facto de as dietas conterem uma elevada proporção de hidratos de carbono digeríveis (BERGOT, 1979a; PIEPER E PFEFFER, 1980a; HILTON et al., 1981).

A variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial que observámos nesta experiência foi idêntica nas trutas alimen-

tadas com as duas dietas experimentais e semelhante à observada por outros autores em trutas arco-íris alimentadas uma vez ao dia (MEDLAND E BEAMISH, 1985; LEGROW E BEAMISH, 1986).

A variação diária da excreção de amónia pós-prandial nas trutas alimentadas com a dieta 1 foi também semelhante à observada por outros autores em trutas alimentadas uma vez ao dia (RICHLY E MARINA, 1977; KAUSHIK, 1980; MEDALE et al., 1985), em que se nota um aumento da excreção logo depois da ingestão do alimento que, após atingir um valor máximo 4 a 10 horas depois, diminui lentamente até à nova ingestão.

Pelo contrário, nas trutas alimentadas com a dieta 2, a variação da excreção de amónia pós-prandial foi diferente da que observámos nas trutas alimentadas com a dieta 1, o que sugere ter-se dado uma reorientação da actividade metabólica nas trutas submetidas a um regime proteico limitativo.

A determinação dos balanços energéticos e azotados permitiu confirmar os resultados do ensaio de crescimento, e contribuiu para esclarecer as diferenças observadas na utilização das duas dietas experimentais.

As estimativas das retenções energéticas e azotadas efectuadas através do método dos balanços foram superiores às determinadas pela análise da composição corporal, no ensaio de crescimento, o que é compreensível se atentarmos às razões expostas em 6.3.

A menor percentagem de azoto ingerido disponível para ser retido nas trutas alimentadas com a dieta 2, relativamente às alimentadas com a dieta 1, ficou a dever-se, essencialmente, à pior digestibilidade das proteínas dessa dieta mas, também, à

maior proporção de perdas urinárias e branquiais de azoto amoniacal.

A menor percentagem da energia ingerida disponível para ser retida pelas trutas alimentadas com a dieta 2, relativamente às alimentadas com a dieta 1, ficou a dever-se à pior digestibilidade dos substratos energéticos dessa dieta e, também, à maior proporção de energia ingerida que foi perdida sob a forma de calor.

A estimativa da percentagem de energia proteica dispendida no metabolismo energético total mostra contudo que, independentemente da pior utilização da dieta 2, uma menor proporção de energia proteica foi dispendida na cobertura das necessidades energéticas das trutas alimentadas com essa dieta.

Os resultados expostos neste capítulo permitem-nos concluir que dietas contendo uma razão proteína digerível/energia digerível de 14 mg/KJ não se afiguram adequadas para a truta arco-íris.

Nestas condições, apesar do aumento relativo da energia das dietas ter permitido reduzir os gastos energéticos das proteínas, ao nível testado, a diminuição do conteúdo proteico das dietas não se mostrou satisfatória em termos de rendimento zootécnico dos animais.

Assim, para que o aumento da energia das dietas tenha reflexos positivos na eficiência de utilização das mesmas pela truta arco-íris, é necessário ter um conhecimento adequado das necessidades proteicas e energéticas desta espécie em todas as fases do ciclo de vida e conhecer, também adequadamente, as interacções entre os vários nutrientes.

11. EFEITO DA IDADE NA RAZÃO PROTEÍNA / ENERGIA ÓPTIMA NAS DIETAS

11.1. INTRODUÇÃO

Vários autores estudaram já as necessidades proteicas óptimas para o crescimento de salmonídeos (LUQUET, 1971; SATIA, 1974; TAKEUCHI et al., 1978a; WATANABE et al., 1979), bem como a influência de certos factores bióticos e abióticos susceptíveis de alterar essas necessidades, tais como a variabilidade genética (AUSTRENG E REFSTIE, 1979), a temperatura (DE LONG et al., 1958; POSSOMPES, 1973), e a salinidade (ZEITON et al., 1973, 1974; ROBERTS, 1976; LALL E BISHOP, 1979).

Sabe-se, porém, que os peixes utilizam as proteínas de preferência aos outros substratos energéticos na cobertura das suas necessidades energéticas, sobretudo se alimentados com dietas deficientes em energia ou com excesso de proteínas (LUQUET E KAUSHIK, 1979; COWEY E LUQUET, 1983). As necessidades proteicas não podem ser, assim, dissociadas das necessidades energéticas nem do modo como estas são satisfeitas (LUQUET E KAUSHIK, 1979; CHO E KAUSHIK, 1985; CHO, 1986).

Vários investigadores tentaram estabelecer a relação proteína/energia óptima nas dietas para a truta arco-íris (LEE E PUTNAM, 1973; GULDBRANDSEN E UTNE, 1977; TAKEUCHI et al., 1978d), bem como para várias outras espécies de peixes (RINGROSE, 1971;

TAKEDA et al., 1975; GARLING E WILSON, 1976; TAKEUCHI et al., 1979; SHIMENO et al., 1980; WINFREE E STICKNEY, 1981; KISSIL et al., 1983; HENKEN et al., 1986). Todavia, apesar de se considerar que as necessidades proteicas e a razão proteína / energia óptima a incorporar nas dietas são susceptiveis de variar com o peso e/ou idade dos peixes (NRC, 1981; COWEY E LUQUET, 1983; DABROWSKI, 1987; KAUSHIK, 1987), tal afirmação nunca foi confirmada experimentalmente na truta arco-íris.

Neste capítulo pretendemos, por isso, contribuir para a elucidação do efeito do peso e/ou idade das trutas arco-íris na razão proteína/energia óptima das dietas para esta espécie.

Para isso realizámos quatro ensaios de crescimento, que descrevemos em 11.2, nos quais comparámos o efeito de quatro dietas experimentais, diferindo na sua razão proteína/energia, no crescimento e utilização do alimento de trutas arco-íris, Salmo gairdneri, de pesos compreendidos entre os 0,4 e os 200 g, sensivelmente a amplitude de pesos existente nas truticulturas de exploração convencional.

Tomando em consideração os resultados descritos nos capítulos anteriores, as dietas utilizadas foram formuladas de modo a serem isoenergéticas e terem um conteúdo proteico variável entre 35 e 57 %, e uma razão proteína bruta/energia bruta variável entre 16 e 26 mg/KJ.

Em complemento deste trabalho, descrevemos, em 11.3, duas outras experiências, nas quais estudámos, comparativamente, a utilização metabólica dessas mesmas dietas por trutas arco-íris de dois pesos diferentes.

11.2. ENSAIOS DE CRESCIMENTO

11.2.1. MATERIAL E MÉTODOS

As quatro dietas experimentais foram preparadas conforme descrito na metodologia geral, e a sua composição indica-se na tabela 47.

Na tabela 48 indicamos a composição, em ácidos aminados, da farinha de peixe que utilizámos como fonte proteica e que, como se pode ver, não era deficiente em nenhum dos ácidos aminados considerados essenciais para esta espécie (OGINO, 1980; TACON E COWEY, 1985).

Os ensaios de crescimento decorreram na Estação Experimental de Aquacultura do Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", na albufeira da Caniçada, de acordo com o protocolo descrito na metodologia geral.

Todas as trutas arco-íris utilizadas nestas experiências foram obtidas na mesma piscicultura. Cada dieta foi ensaiada em duplicado, e em todas as experiências se constituiu um lote de trutas que foi mantido em jejum durante todo o período experimental.

Na primeira experiência utilizaram-se trutas de peso médio individual de 0,4 g. Esta experiência decorreu nas instalações em terra, nos tanques de incubação e alevinagem. Cada replicado foi constituído por 30 trutas, de peso inicial idêntico, que foram alimentadas diariamente com uma quantidade de alimento equivalente a 5 % do seu peso, sendo o alimento distri-

Tabela 47. Composição das dietas experimentais.

DIETA: / COMPONENTES ($g.Kg^{-1}$)	1	2	3	4
FARINHA DE PEIXE	473	568	662	757
ÓLEO DE FÍGADO DE BACALHAU	132	93	53	13
DEXTRINA AMARELA	350	294	240	185
COMPLEXO VITAMÍNICO (1)	20	20	20	20
COMPLEXO MINERAL (2)	10	10	10	10
CARBOXIMETIL-CELULOSE	10	10	10	10
ÓXIDO DE CRÓMIO	5	5	5	5
	1000	1000	1000	1000
COMPOSIÇÃO QUÍMICA				
HUMIDADE (%)	4,6	8,2	5,4	7,1
PROTEÍNAS (%)	35,0	42,1	49,3	56,7
LÍPIDOS (%)	15,2	12,6	8,7	6,9
CINZAS (%)	7,9	9,2	10,6	11,9
ENERGIA BRUTA ($KJ.g^{-1}$)	21,5	21,6	21,7	21,5

(1) NRC, 1981.

(2) TACON & BEVERIDGE, 1982.

Tabela 48. Composição em ácidos aminados das proteínas da farinha de peixe que entrou na composição das dietas experimentais.

ÁCIDO AMINADO	% DA PROTEÍNA
ÁCIDO ASPÁRTICO	8,5
TREONINA	4,2
SERINA	3,8
ÁCIDO GLUTÂMICO	11,8
GLICINA	5,3
ALANINA	5,4
VALINA	4,3
METIONINA	2,6
ISOLEUCINA	3,6
LEUCINA	6,8
TIROSINA	3,2
FENILALANINA	3,6
LISINA	10,3
HISTIDINA	2,4
ARGININA	5,7

buído, em partes iguais, 5 vezes ao dia. A experiência teve a duração de 41 dias e a temperatura média da água, durante esse período, foi de 13,2 °C.

Na segunda experiência utilizaram-se trutas de peso médio individual de 4 g. Esta experiência foi efectuada em jaulas flutuantes de 200 l de volume útil. Cada replicado foi constituído por 30 trutas, de peso inicial idêntico, que foram alimentadas diariamente com uma quantidade de alimento equivalente a 4 % do seu peso, sendo o alimento distribuído, em partes iguais, duas vezes ao dia. A experiência teve a duração de 35 dias e a temperatura média da água, durante esse período, foi de 19,5 °C.

Na terceira experiência utilizaram-se trutas de peso médio individual de 25 g. Esta experiência foi efectuada em jaulas flutuantes de 200 l de volume útil. Cada replicado foi constituído por 20 trutas, de peso inicial idêntico, que foram alimentadas diariamente com uma quantidade de alimento equivalente a 2 % do seu peso, sendo o alimento distribuído, em partes iguais, duas vezes ao dia. A experiência teve a duração de 86 dias e a temperatura média da água, durante esse período, foi de 9,7 °C. No fim do ensaio de crescimento, e no dia de pesagem imediatamente anterior, recolheram-se fezes nas trutas dos vários grupos, para determinação da digestibilidade aparente das dietas.

Na quarta experiência utilizaram-se trutas de peso médio individual de 80 g. Esta experiência foi efectuada em jaulas flutuantes de 550 l de volume útil. Cada replicado foi constituído por 20 trutas, de peso inicial idêntico, que foram alimentadas diariamente com uma quantidade de alimento equivalente a 2 % do seu peso, sendo o alimento distribuído, em partes

iguais, duas vezes ao dia. A experiência teve a duração de 79 dias e a temperatura média da água, durante esse período, foi de 9,3 °C. No fim do ensaio de crescimento, e no dia de pesagem imediatamente anterior, recolheram-se fezes nas trutas dos vários grupos, para determinação da digestibilidade aparente das dietas.

11.2.2. RESULTADOS

11.2.2.1. EXPERIÊNCIA 1.

11.2.2.1.1. Crescimento e utilização do alimento

O crescimento das trutas alimentadas com a dieta 4 foi superior ao dos outros grupos, sendo seguido, por ordem decrescente, pelo das trutas alimentadas com as dietas 3, 1 e 2 (figura 34, tabela 49).

O peso final das trutas alimentadas com as dietas 3 e 4 não era estatisticamente diferente ($P>0,05$), assim como também não era estatisticamente diferente ($P>0,05$) o peso das trutas alimentadas com as dietas 1 e 3.

As trutas do lote mantido em jejum diminuíram continuamente de peso nos primeiros 28 dias de experiência, e a sua mortalidade foi quase nula nesse período. Porém, nos dias subsequentes morreram massivamente, não restando sobreviventes ao fim de 35 dias.

A mortalidade das trutas que receberam as 4 dietas experimentais variou entre 5 e 11,7 % durante o período experi-

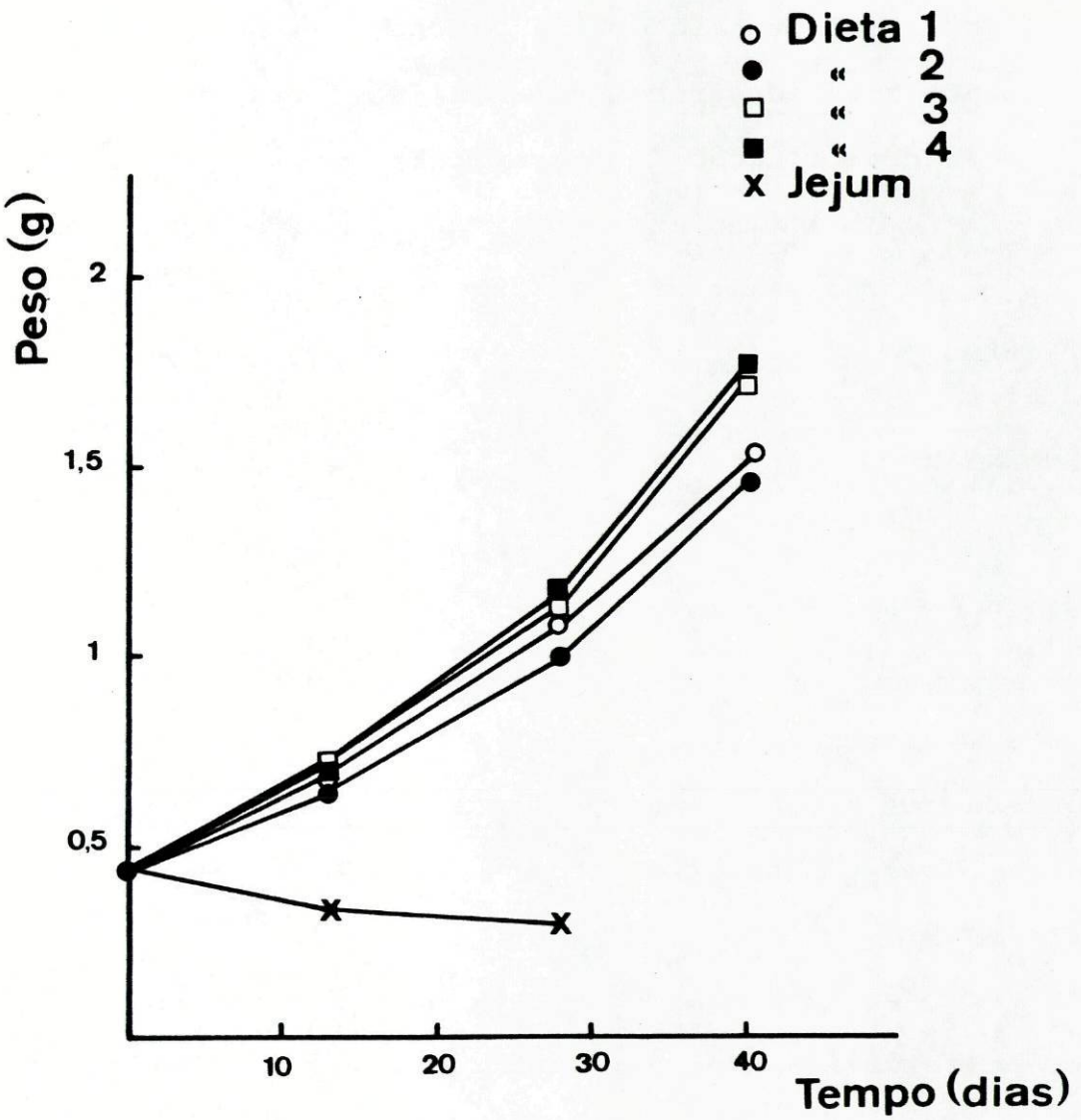


Figura 34. Crescimento médio de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

Tabela 49. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA:	1	2	3	4
PESO INICIAL (g)	0,44a	0,43a	0,44a	0,43a
PESO FINAL (g)	1,54bc	1,47c	1,72ab	1,77a
MORTALIDADE (%)	5,0	6,7	8,3	11,7
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	3,05	3,03	3,35	3,45
GANHO DIÁRIO DE PESO ($g.kg^{-1}.dia^{-1}$)	54,4	54,6	65,7	71,9
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	1,21	1,21	1,07	1,02
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	2,36	1,98	1,91	1,73
RETENÇÃO AZOTADA (%NI)(2)	37,0	32,0	30,1	27,9
RETENÇÃO ENERGÉTICA(%EI)(2)	23,7	23,0	27,3	23,4

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ($P>0,05$).

(2) NI - azoto ingerido; EI - energia ingerida.

mental (tabela 49).

O melhor índice de crescimento específico foi de 3,45 %, e o melhor ganho diário de peso foi de 71,9 g/Kg/dia, ambos nas trutas alimentadas com a dieta 4, seguido pelo das trutas alimentadas com a dieta 3 (tabela 49). Nas trutas alimentadas com as dietas 1 e 2, estes parâmetros foram idênticos e inferiores aos dos outros dois grupos experimentais.

O melhor índice de conversão alimentar foi de 1,02, nas trutas alimentadas com a dieta 4, logo seguido pelo das trutas alimentadas com a dieta 3 (tabela 49). Nas trutas alimentadas com as dietas 1 e 2 este parâmetro foi igual e consideravelmente inferior ao conseguido com as outras duas dietas experimentais.

O índice de eficiência proteica variou de modo inverso com o nível de inclusão proteico nas dietas (tabela 49). O melhor foi de 2,36, nas trutas alimentadas com a dieta 1, e o pior foi de 1,73, nas trutas alimentadas com a dieta 4.

A retenção azotada, medida em percentagem do azoto ingerido, também variou de modo inverso com o nível de inclusão proteico nas dietas, entre 37 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, e 27,9 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4 (tabela 49).

A melhor retenção energética, medida em percentagem da energia ingerida, foi de 27,3 % nas trutas alimentadas com a dieta 3, enquanto nos outros grupos experimentais foi de 23 - 23,7 % (tabela 49).

11.2.2.1.2. Índice hepatossomático e índice visceral

No fim da experiência, o índice hepatossomático das trutas alimentadas com as dietas 1, 2 e 4 variou entre 2,3 e 2,8 % e não foi estatisticamente diferente entre elas ($P>0,05$) (tabela 50). Foi, contudo, significativamente menor ($P<0,05$) do que o das trutas alimentadas com a dieta 3, que foi de 4,1 %.

O índice visceral diminuiu significativamente ($P<0,05$) de 16,9 %, no início, para 13,3 - 13,9 %, no fim da experiência, nas trutas alimentadas com as dietas 1, 2 e 4, mas não nas trutas alimentadas com a dieta 3, em que foi de 15,5 % (tabela 50).

11.2.2.1.3. Composição corporal

A percentagem de humidade corporal diminuiu significativamente ($P<0,05$) nas trutas dos quatro grupos experimentais, de 86,9 %, no início, para 77,8 - 78,9 %, no fim da experiência, mas não foi significativamente diferente entre elas ($P>0,05$) (tabela 50).

O conteúdo proteico aumentou significativamente ($P<0,05$) nas trutas dos quatro grupos experimentais, de 9,3 %, no início, para 13,8 - 14,4 %, no fim da experiência (tabela 50), e mostrou tendência para aumentar com o aumento do nível de inclusão proteico nas dietas, sendo mesmo estatisticamente significativas ($P<0,05$) as diferenças entre os conteúdos proteicos das trutas alimentadas com as dietas 1 e 4.

O conteúdo lipídico também aumentou significativamente ($P<0,05$) de 2,0 %, no início, para 4,7 - 5,2 %, no fim da expe-

Tabela 50. Índice hepatossomático, índice visceral e composição corporal, em percentagem do peso fresco, de trutas arco-íris no início e no fim da experiência (1).

DIETA:	INICIAL	FINAL			
		1	2	3	4
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	-	2,3(0,7)b	2,8(0,6)b	4,1(0,9)a	2,6(0,5)b
ÍNDICE VISCERAL (%)	16,9(3,5)a	13,3(2,0)b	13,9(1,5)b	15,5(2,7)ab	13,9(2,5)b
HUMIDADE (%)	86,9(1,5)a	78,2(1,0)b	78,9(1,3)b	77,8(1,2)b	78,3(1,1)b
PROTEÍNAS(%)	9,3(0,05)c	13,8(0,5)b	14,2(0,5)ab	14,1(0,5)ab	14,4(0,4)a
LÍPIDOS (%)	2,0(0,1)c	5,2(0,2)a	4,7(0,4)b	5,2(0,4)a	4,8(0,3)ab
CINZAS (%)	-	2,3(0,2)a	2,4(0,3)a	2,1(0,1)b	2,1(0,1)b
ENERGIA(KJ/g)	3,1(0,2)c	5,3(0,4)ab	5,1(0,3)b	5,5(0,2)a	5,1(0,2)b

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

riência (tabela 50). No fim da experiência, o conteúdo lipídico das trutas alimentadas com a dieta 2 era significativamente menor ($P<0,05$) do que o das trutas alimentadas com as dietas 1 e 3. Por sua vez, o conteúdo lipídico das trutas alimentadas com as dietas 1, 3, e 4 não era significativamente diferente ($P>0,05$).

A percentagem de cinzas foi, no fim da experiência, significativamente maior ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com as dietas 1 e 2 do que nas trutas alimentadas com as dietas 3 e 4 (tabela 50).

O conteúdo energético aumentou significativamente ($P<0,05$) de 3,1 KJ/g, no início, para 5,1 - 5,5 KJ/g, no fim da experiência (tabela 50). No fim da experiência, o conteúdo energético foi significativamente maior ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 3 do que nas trutas alimentadas com as dietas 2 e 4.

11.2.2.2. EXPERIÊNCIA 2.

11.2.2.2.1. Crescimento e utilização do alimento

Nesta experiência, o crescimento das trutas de todos os grupos foi muito fraco, devido à elevada temperatura da água no decurso do período experimental.

No fim da experiência, o peso médio individual das trutas alimentadas com a dieta 3, 1 e 4 não era estatisticamente diferente entre si ($P>0,05$). O pior crescimento foi registado, sem razão aparente, nas trutas alimentadas com a dieta 2. O peso

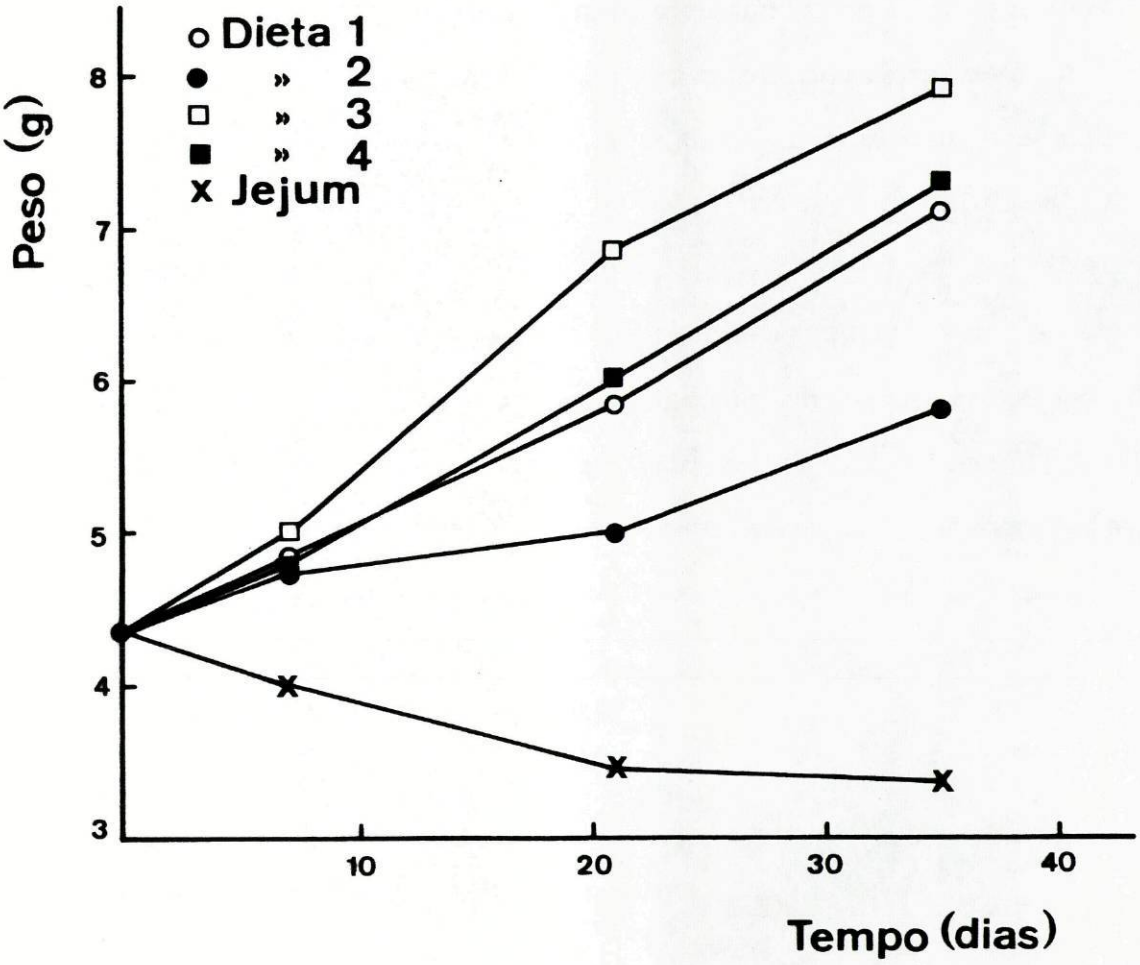


Figura 35. Crescimento médio de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

médio final das trutas deste grupo foi significativamente menor do que o dos outros grupos experimentais ($P<0,05$) (figura 35; tabela 51).

A mortalidade foi bastante elevada em todos os grupos, e variou entre 16,7 e 35 % (tabela 51).

As trutas do lote mantido em jejum diminuiram o seu peso médio de 4,3 g, no início, para 3,4 g no fim da experiência, e a sua mortalidade elevou-se a 66.7 %. Neste grupo, as perdas de azoto e energia foram, respectivamente, 108,7 mg/Kg/dia e 30,39 KJ/Kg/dia.

O melhor índice de crescimento específico foi de 1,71 % e o melhor ganho diário de peso foi de 21,9 g/Kg/dia, nas trutas alimentadas com a dieta 3, seguido, por ordem decrescente, pelo das trutas alimentadas com as dietas 4, 1 e 2 (tabela 51).

O melhor índice de conversão alimentar foi de 2,25, também nas trutas alimentadas com a dieta 3, seguido, por ordem decrescente, pelo das trutas alimentadas com as dietas 4, 1 e 2 (tabela 51).

O índice de eficiência proteica aumentou com a diminuição do nível de inclusão proteico nas dietas (excepto nas trutas alimentadas com a dieta 2, em que foi o pior de todos), e variou entre 1,00, nas trutas alimentadas com a dieta 1, e 0,66, nas trutas alimentadas com a dieta 4 (tabela 51).

A retenção azotada, expressa em percentagem do azoto ingerido, também aumentou com a diminuição do nível de inclusão proteico nas dietas (excepto nas trutas alimentadas com a dieta 2), e foi de 15,5 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, e 11,5 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4 (tabela 51).

Tabela 51. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	1	2	3	4
PESO INICIAL (g)	4,4a	4,3a	4,4a	4,3a
PESO FINAL (g)	7,1a	5,8b	7,9a	7,3a
MORTALIDADE (%)	16,7	35,0	21,7	26,7
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	1,38	0.84	1,71	1,49
GANHO DIÁRIO DE PESO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	16,5	8,7	21,9	18,5
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	2,86	5,24	2,25	2,73
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	1,00	0,45	0,91	0,66
RETENÇÃO AZOTADA (%NI)(2)	15,5	6,1	14,7	11,5
RETENÇÃO ENERGÉTICA (%EI)(2)	14,2	6,0	15,4	13,3

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ($P>0,05$).

(2) NI - azoto ingerido; EI - energia ingerida.

A melhor retenção energética, medida em percentagem da energia ingerida, foi conseguida nas trutas alimentadas com a dieta 3, seguida, por ordem decrescente, pela das trutas alimentadas com as dietas 1, 4 e 2 (tabela 51).

11.2.2.2.2. Índice hepatossomático e índice visceral

O índice hepatossomático aumentou significativamente ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais de 1,8 %, no início, para 3,1 - 3,9 %, no fim da experiência, e não foi significativamente diferente entre elas ($P>0,05$) (tabela 52). Nas trutas mantidas em jejum, o índice hepatossomático diminuiu ligeiramente, mas não de modo significativo ($P<0,05$), entre o início e o fim da experiência.

O índice visceral também aumentou significativamente ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais de 10,7 %, no início, para 15,2 - 16,9 %, no fim da experiência, e não foi significativamente diferente entre elas ($P>0,05$) (tabela 52). Nas trutas mantidas em jejum, o índice visceral diminuiu para 9,2 %, mas este valor não era estatisticamente diferente ($P>0,05$) do valor inicial.

11.2.2.2.3. Composição corporal

Nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, a percentagem de humidade corporal diminuiu de 80,6 %, no início, para 75,3 - 78,2 %, no fim da experiência (tabela 52). Esta diminuição foi significativa ($P<0,05$) nas trutas alimentadas

Tabela 52. Índice hepatossomático, índice visceral e composição corporal, em percentagem do peso fresco, de trutas arco-íris, no início e no fim da experiência (1).

	INICIAL	FINAL				
DIETA:		1	2	3	4	JEJUM
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,8(0,4)b	3,1(0,9)a	3,5(1,2)a	3,2(0,5)a	3,9(1,1)a	1,4(0,4)b
ÍNDICE VISCERAL (%)	10,7(0,7)b	15,8(2,3)a	15,2(4,5)a	15,5(1,7)a	16,9(1,2)b	9,2(1,3)b
HUMIDADE (%)	80,6(1,0)ab	75,3(2,6)d	78,2(3,0)bc	76,2(0,7)cd	76,5(1,2)cd	82,9(0,8)a
PROTEÍNAS (%)	14,2(0,6)bc	14,7(1,0)abc	14,0(1,0)c	15,1(0,5)ab	15,5(0,4)a	12,6(0,3)d
LÍPIDOS (%)	3,0(0,8)d	6,8(0,6)a	4,8(0,6)c	5,5(0,4)b	5,1(0,5)bc	1,4(0,2)e
CINZAS (%)	2,6(0,3)b	2,7(0,2)b	2,7(0,4)b	2,6(0,2)b	2,7(0,1)b	3,4(0,1)a
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	4,5(0,1)b	6,1(0,6)a	5,0(0,4)b	5,8(0,5)a	5,8(0,1)a	3,7(0,4)c

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

com as dietas 1, 3 e 4, mas não nas trutas alimentadas com a dieta 2 ($P>0,05$). Nas trutas mantidas em jejum, a percentagem de humidade corporal aumentou ligeiramente, mas não de um modo significativo ($P>0,05$), no decurso da experiência.

O conteúdo proteico não variou significativamente ($P>0,05$) entre o início e o fim da experiência nas trutas alimentadas com as dietas 1, 2 e 3 (tabela 52). Nas trutas alimentadas com a dieta 4 aumentou significativamente ($P<0,05$) e diminuiu, também significativamente ($P<0,05$), nas trutas mantidas em jejum.

O conteúdo lipídico aumentou significativamente ($P<0,05$), nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, de 3 %, no início, para 4,8 - 6,8 %, no fim da experiência, e este aumento foi significativamente maior ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 1 do que nas alimentadas com as outras três dietas experimentais (tabela 52). Nas trutas mantidas em jejum, o conteúdo lipídico diminuiu significativamente ($P < 0,05$) para 1,4 % do peso do corpo.

A percentagem de cinzas não variou de modo significativo ($P > 0,05$) entre o início e o fim da experiência, nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, mas aumentou significativamente ($P<0,05$) nas trutas mantidas em jejum (tabela 52).

O conteúdo energético aumentou de 4,5 KJ/g, no início, para 5,0 - 6,1 KJ/g, no fim da experiência, nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais (tabela 52). Este aumento foi estatisticamente significativo ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com as dietas 1, 3 e 4, mas não nas trutas alimentadas com a dieta 2. Nas trutas mantidas em jejum, o conteúdo energético

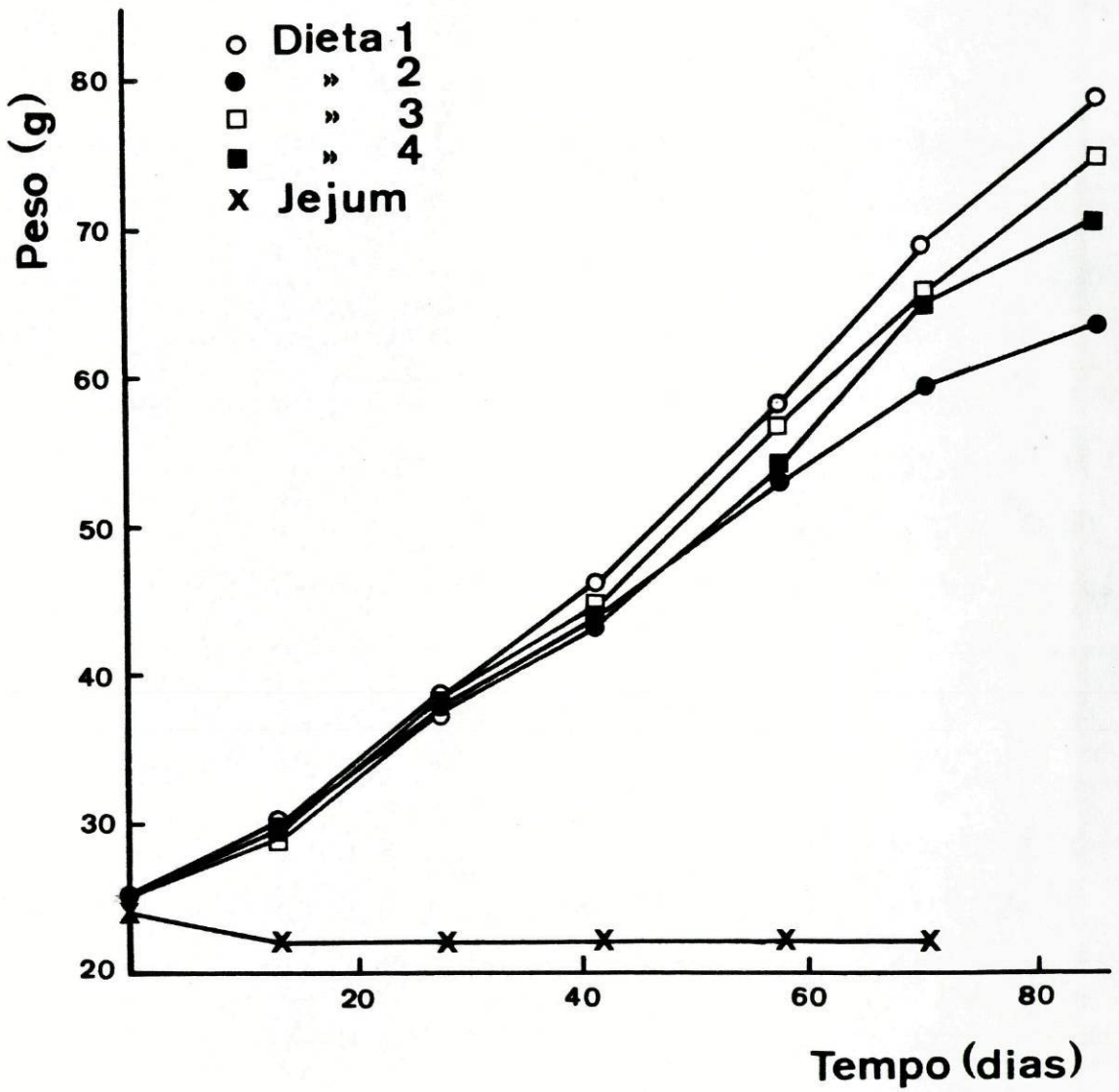


Figura 36. Crescimento médio de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

diminuiu significativamente ($P<0,05$), no fim da experiência, para 3,7 KJ/g.

11.2.2.3. EXPERIÊNCIA 3.

11.2.2.3.1. Crescimento e utilização do alimento

No fim da experiência, o peso médio individual das trutas alimentadas com as dietas 1, 3 e 4 não era significativamente diferente ($P>0,05$) (figura 36; tabela 53). O peso médio final das trutas alimentadas com a dieta 2 era significativamente menor do que o das trutas alimentadas com a dieta 1 ($P<0,05$), mas não do que o das trutas alimentadas com as dietas 3 e 4.

A mortalidade foi nula nas trutas alimentadas com as dietas 1 e 2 e de 2,5 e 5 %, respectivamente nas trutas alimentadas com as dietas 3 e 4 (tabela 53).

O peso médio individual das trutas mantidas em jejum diminuiu de 23,7 g, no início, para 22,2 g, ao fim de 71 dias, não tendo ocorrido nenhuma morte nos peixes deste grupo. Devido a um descuido de manipulação, perderam-se, nesta altura, as trutas deste lote.

O melhor índice de crescimento específico foi 1,34 %, e o melhor ganho diário de peso foi 25,4 g/Kg/dia, ambos nas trutas alimentadas com a dieta 1, seguidos, por ordem decrescente, pelo das trutas alimentadas com as dietas 3, 4 e 2 (tabela 53).

Os melhores índices de conversão alimentar foram 1,15 e 1,16, respectivamente, nas trutas alimentadas com as dietas 1 e

Tabela 53. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA:	1	2	3	4
PESO INICIAL (g)	24,8a	25,2a	25,1a	25,1a
PESO FINAL (g)	79,0a	63,3b	74,8ab	70,7ab
MORTALIDADE (%)	0	0	2,5	5,0
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	1,34	1,07	1,27	1,20
GANHO DIÁRIO DE PESO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	25,4	17,6	24,1	23,4
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	1,15	1,28	1,16	1,21
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	2,51	1,59	1,74	1,46
RETENÇÃO AZOTADA (%NI) (2)	41,7	26,1	29,2	23,8
RETENÇÃO ENERGÉTICA (%EI)(2)	30,8	19,7	25,6	26,9

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

(2) NI - azoto ingerido; EI - energia ingerida.

3, seguidos, por ordem decrescente, pelos das trutas alimentadas com as dietas 4 e 2 (tabela 53).

O índice de eficiência proteica variou de modo inverso ao nível de inclusão proteico nas dietas (tabela 53). O melhor foi de 2,51, nas trutas alimentadas com a dieta 1 e o pior foi de 1,46, nas trutas alimentadas com a dieta 4.

A retenção azotada, expressa em percentagem do azoto ingerido, também variou de modo inverso ao do nível de inclusão proteico nas dietas (tabela 53). O melhor foi de 41,7 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, e o pior de 23,8 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4.

A melhor retenção energética, medida em percentagem da energia ingerida, foi de 30,8 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, seguida, por ordem decrescente, pela das trutas alimentadas com as dietas 4, 3 e 2 (tabela 53).

11.2.2.3.2. Índice hepatossomático e índice visceral

O índice hepatossomático aumentou significativamente ($P<0,05$) de 1,5 %, no início, para 2,2 - 2,5 %, no fim da experiência, nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, e não diferiu significativamente entre elas ($P>0,05$) (tabela 54).

O índice visceral aumentou significativamente ($P<0,05$) de 10,5 %, no início, para 13,8 - 15,1 %, no fim da experiência, nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, e não foi estatisticamente diferente ($P>0,05$) entre elas (tabela 54).

Tabela 54. Índice hepatossomático, índice visceral e composição corporal, em percentagem do peso fresco, de trutas arco-íris no início e fim da experiência (1).

	INICIAL	FINAL			
DIETA:		1	2	3	4
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,5(0,3)b	2,4(0,4)a	2,2(0,5)a	2,2(0,5)a	2,5(0,6)a
ÍNDICE VISCERAL (%)	10,5(1,0)b	15,1(1,9)a	13,8(2,1)a	14,0(3,4)a	14,0(2,4)a
HUMIDADE (%)	73,3(1,0)b	70,0(1,5)c	72,6(1,9)b	72,5(1,3)b	72,4(1,6)b
PROTEÍNAS (%)	17,1(0,4)a	16,8(0,9)a	16,7(0,6)a	16,9(0,5)a	17,0(1,1)a
LÍPIDOS (%)	5,9(0,4)c	9,5(0,9)a	7,4(0,5)b	7,5(0,4)b	7,2(1,0)b
CINZAS (%)	2,7(0,05)ab	2,4(0,2)c	2,5(0,1)c	2,5(0,2)bc	2,5(0,2)c
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	6,5(0,1)b	7,2(0,6)a	6,4(0,4)b	6,5(0,3)b	6,6(0,5)b

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

11.2.2.3.3. Composição corporal

A percentagem de humidade corporal diminuiu ligeiramente entre o início e o fim da experiência, nas trutas dos quatro grupos experimentais, mas esta diminuição só foi significativa ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 1 (tabela 54).

O conteúdo proteico não variou significativamente entre o início e o fim da experiência ($P>0.05$) nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais (tabela 54).

O conteúdo lipídico aumentou significativamente ($P < 0,05$), nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, de 5,9 %, no início, para 7,2 - 9,5 %, no fim da experiência, e este aumento foi significativamente maior nas trutas alimentadas com a dieta 1 ($P<0,05$) do que nos outros grupos (tabela 54).

A percentagem de cinzas diminuiu significativamente ($P<0,05$) de 2,7 %, no início, para 2,4 - 2,5 %, no fim da experiência, nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, e não foi estatisticamente diferente entre elas ($P>0,05$) (tabela 54).

Nas trutas alimentadas com as dietas 2, 3 e 4 o conteúdo energético não variou significativamente ($P>0,05$) entre o início e o fim da experiência, mas nas trutas alimentadas com a dieta 1 aumentou de modo estatisticamente significativo ($P<0,05$) de 6,5 KJ/g, no início, para 7,2 KJ/g, no fim da experiência (tabela 54).

11.2.2.3.4. Digestibilidade aparente das dietas

Na tabela 55 apresentamos os valores da digestibilidade aparente das quatro dietas experimentais.

A digestibilidade aparente da matéria seca foi significativamente maior (P<0,05) nas dietas 1 e 2 do que nas dietas 3 e 4.

A digestibilidade aparente das proteínas variou entre 80,6 e 83,2 %, e foi estatisticamente diferente (P<0,05) entre as dietas 1 e 3 e as dietas 2 e 4.

A digestibilidade aparente da energia variou entre 77,1 e 80,2 % nas dietas 1, 2 e 4 e, apesar de ser significativamente menor na dieta 2 do que na dieta 1 (P<0,05), a diferença entre elas não era muito importante. Na dieta 3, a digestibilidade da energia foi somente 73,5 %, e este valor era consideravelmente inferior ao das outras dietas experimentais.

Tabela 55. Digestibilidade aparente das dietas experimentais (1).

DIETA:	1	2	3	4
MATÉRIA SECA (%)	73,8(1,1)a	71,3(2,3)b	65,1(1,1)c	66,4(1,0)c
PROTEÍNAS (%)	80,8(0,7)b	83,0(0,6)a	80,6(1,2)b	83,2(1,1)a
ENERGIA (%)	80,2(1,0)a	77,1(1,2)b	73,5(1,3)c	77,9(1,8)ab

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

11.2.2.4. EXPERIÊNCIA 4.

11.2.2.4.1. Crescimento e utilização do alimento

No fim da experiência, as diferenças de peso entre as trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais não eram estatisticamente significativas (P>0,05) (figura 37; tabela 56).

Nesta experiência, a mortalidade foi bastante reduzida, sendo de 2,5 % nas trutas alimentadas com a dieta 1, 7,5 % nas alimentadas com a dieta 2 e nula nas trutas alimentadas com as dietas 3 e 4 (tabela 56).

O peso das trutas mantidas em jejum diminuiu de 88,6 g, no início, para 68,9 g, no fim da experiência. A mortalidade entre as trutas deste grupo foi nula. As perdas azotadas e energéticas nas trutas deste grupo foram de 70,9 mg/Kg/dia e 29,68 KJ/Kg/dia, respectivamente.

O melhor índice de crescimento específico foi de 1,08 %, e o melhor ganho diário de peso foi de 17 g/Kg/dia, nas trutas alimentadas com a dieta 3, seguido, por ordem decrescente, pelo das trutas alimentadas com as dietas 4, 2 e 1 (tabela 56).

O melhor índice de conversão alimentar foi de 1,28, nas trutas alimentadas com a dieta 3, seguido, por ordem decrescente, pelo das trutas alimentadas com as dietas 2, 4 e 1 (tabela 56).

O índice de eficiência proteica variou de modo inverso com o nível de inclusão proteica nas dietas. O melhor foi de 1,98, nas trutas alimentadas com a dieta 1, e o pior foi de 1,30, nas trutas alimentadas com a dieta 4 (tabela 56).

A retenção azotada, medida em percentagem do azoto

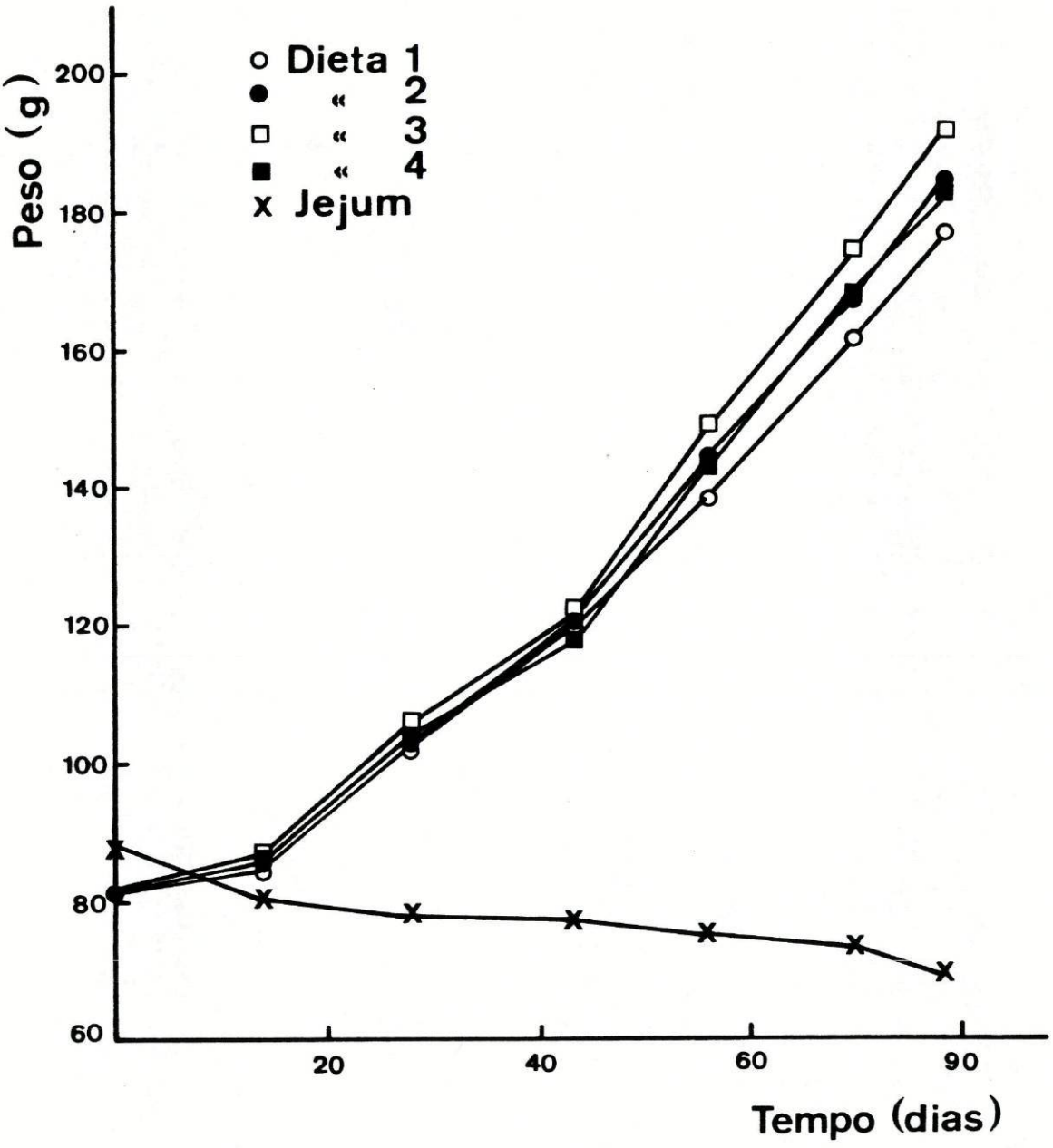


Figura 37. Crescimento médio de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

Tabela 56. Crescimento, utilização do alimento e mortalidade de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA:	1	2	3	4
PESO INICIAL (g)	81,6a	81,7a	81,8a	81,2a
PESO FINAL (g)	176,9a	184,4a	191,5a	183,6a
MORTALIDADE (%)	2,5	7,5	0	0
ÍNDICE DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO (%)	0,97	1,03	1,08	1,04
GANHO DIÁRIO DE PESO ($g.kg^{-1}.dia^{-1}$)	14,3	15,1	17,0	15,9
ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	1,45	1,36	1,28	1,36
ÍNDICE DE EFICIÊNCIA PROTEICA	1,98	1,75	1,58	1,30
RETENÇÃO AZOTADA (%NI) (2)	31,1	29,1	26,4	23,0
RETENÇÃO ENERGÉTICA (%EI)(2)	24,5	24,7	25,4	24,4

(1) Valores médios; em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

(2) NI - azoto ingerido; EI - energia ingerida.

ingerido, também variou de modo inverso com o nível de inclusão proteico nas dietas (tabela 56). A melhor foi de 31,1 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, e a pior foi de 23 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4.

A melhor retenção energética, medida em percentagem da energia ingerida, foi de 25,4 %, nas trutas alimentadas com a dieta 3. Nas trutas alimentadas com as outras dietas experimentais a retenção energética foi ligeiramente inferior, e variou entre 24,4 e 24,7 % (tabela 56).

11.2.2.4.2. Índice hepatossomático e índice visceral

O índice hepatossomático aumentou significativamente ($P<0,05$) de 1,4 %, no início, para 2,2 - 3,0 %, no fim da experiência, nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais (tabela 57). No fim da experiência, o índice hepatossomático não diferiu significativamente entre as trutas alimentadas com as dietas 1, 3 e 4 ($P>0,05$), mas foi significativamente inferior ($P<0,05$) ao destas, nas trutas alimentadas com a dieta 2. Nas trutas mantidas em jejum, o índice hepatossomático diminuiu significativamente ($P<0,05$) para 0,7 %, no fim da experiência.

O índice visceral não sofreu alterações significativas ($P>0,05$) entre o início e o fim da experiência, nas trutas alimentadas com as dietas 2, 3 e 4, mas aumentou de modo significativo ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 1 (tabela 57). No fim da experiência, as diferenças entre os índices viscerais das trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais não eram estatisticamente significativas ($P>0,05$). Nas trutas manti-

Tabela 57. Índice hepatossomático, índice visceral e composição corporal, em percentagem do peso fresco de trutas arco-íris no início e fim da experiência (1).

	INICIAL	FINAL				
DIETA:		1	2	3	4	JEJUM
ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%)	1,4(0,3)c	3,0(0,4)a	2,2(0,1)b	2,7(0,1)a	2,7(0,1)a	0,7(0,1)d
ÍNDICE VISCERAL (%)	13,4(4,0)b	16,2(0,2)a	13,6(1,4)ab	14,4(1,1)ab	14,0(0,5)ab	7,1(1,4)c
HUMIDADE (%)	72,3(1,1)b	70,4(0,2)c	70,2(0,2)c	71,6(0,2)bc	72,3(0,3)b	75,5(2,0)a
PROTEÍNAS (%)	17,1(0,2)ab	16,4(0,4)b	16,9(0,6)ab	16,9(0,4)ab	17,5(0,4)a	17,5(1,4)a
LÍPIDOS (%)	7,0(0,1)c	10,8(0,8)a	10,0(0,7)a	8,3(0,1)b	8,1(0,3)b	4,5(1,3)d
CINZAS (%)	2,7(0,1)b	2,9(0,1)ab	2,3(0,1)c	2,2(0,1)c	2,3(0,1)c	3,0(0,2)a
ENERGIA ($KJ.g^{-1}$)	6,4(0,2)b	7,1(0,3)a	6,9(0,3)ab	6,8(0,05)ab	6,9(0,2)ab	5,3(0,2)c

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

das em jejum, o índice visceral diminuiu significativamente ($P<0,05$) no decurso da experiência.

11.2.2.4.3.Composição corporal

A percentagem de humidade corporal não variou de modo significativo ($P>0,05$) entre o início e o fim da experiência nas trutas alimentadas com as dietas 3 e 4, mas diminuiu significativamente ($P < 0,05$) nas trutas alimentadas com as dietas 1 e 2 (tabela 57). Nas trutas mantidas em jejum, a percentagem de humidade corporal aumentou significativamente ($P<0,05$) entre o início e o fim do período experimental.

A variação do conteúdo proteico entre o início e o fim da experiência não foi estatisticamente significativa ($P > 0,05$), nem nas trutas alimentadas nem nas trutas mantidas em jejum (tabela 57). No fim da experiência, o conteúdo proteico das trutas alimentadas com a dieta 1 era significativamente menor ($P<0,05$) do que o das trutas alimentadas com a dieta 4.

O conteúdo lipídico aumentou significativamente ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais de 7 %, no início, para 8,1 - 10,8 %, no fim da experiência, e este aumento foi significativamente maior ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com as dietas 1 e 2, relativamente às alimentadas com as dietas 3 e 4 (tabela 57). Nas trutas mantidas em jejum, o conteúdo lipídico diminuiu significativamente ($P<0,05$) para 4,5 %, no fim da experiência.

A percentagem de cinzas diminuiu significativamente ($P<0,05$) de 2,7 %, no início, para 2,2 - 2,3 %, no fim da expe-

riência, nas trutas alimentadas com as dietas 2, 3 e 4, mas não nas trutas alimentadas com a dieta 1 (tabela 57). Nas trutas mantidas em jejum, a percentagem de cinzas aumentou significativamente ($P<0,05$) para 3 %, no fim da experiência.

O conteúdo energético aumentou de 6,4 KJ/g, no início, para 6,8 - 7,1 KJ/g, no fim da experiência, mas este aumento só foi estatisticamente significativo ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 1 (tabela 57). Nas trutas mantidas em jejum, o conteúdo energético diminuiu significativamente ($P<0,05$) para 5,3 KJ/g, no fim da experiência.

11.2.2.4.4. Digestibilidade aparente das dietas

Na tabela 58 indicamos os valores da digestibilidade aparente das quatro dietas experimentais.

A digestibilidade aparente da matéria seca foi significativamente maior ($P<0,05$) nas dietas 1 e 2 do que nas dietas 3 e 4.

A digestibilidade aparente das proteínas foi de cerca de 79 % nas dietas 1, 2 e 4. Na dieta 3 foi de 77,6 % e este valor era significativamente diferente ($P<0,05$) do das outras dietas experimentais.

A digestibilidade aparente da energia das dietas 1, 2 e 4, foi de 76,2 - 77,7 % e não foi estatisticamente diferente entre elas ($P>0,05$). Na dieta 3, foi de 73,7 %, e este valor era significativamente menor ($P<0,05$) do que o das outras dietas experimentais.

Tabela 58. Digestibilidade aparente das dietas experimentais (1)

DIETA:	1	2	3	4
MATÉRIA SECA (%)	71,2(0,9)a	70,5(0,7)a	64,6(1,6)b	63,4(1,2)b
PROTEÍNAS (%)	79,3(1,3)a	79,5(0,2)a	77,6(0,5)b	79,1(0,2)a
ENERGIA ($Kg.g^{-1}$)	77,7(1,6)a	78,0(1,4)a	73,7(1,4)b	76,2(1,0)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Em cada linha, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

11.2.3. DISCUSSÃO

Os resultados expostos mostram que, nas nossas condições experimentais, nas trutas de peso compreendido entre os 4 e os 200 g, em termos de ganho de peso fresco, as necessidades de crescimento foram satisfeitas com a dieta 1, que continha 28 % de proteínas digeríveis e uma razão proteína digerível/energia digerível de 16,6 mg/KJ, enquanto que, nas trutas de peso compreendido entre os 0,4 e os 2 g, as necessidades de crescimento foram satisfeitas com a dieta 3, que incorporava 40 % de proteínas digeríveis e uma razão proteína digerível/energia digerível de 24,4 mg/KJ. Todavia, mesmo neste caso, a diferença entre o peso médio final das trutas alimentadas com esta dieta e a dieta 1 não foi muito importante.

Se considerarmos a utilização das dietas em termos de eficiência de utilização proteica e não de ganho de peso fresco vemos que, em todas as experiências, a utilização mais racional das proteínas foi conseguida com a dieta 1. Isto indica que, de

acordo com este critério, a razão proteína/energia óptima das dietas para a truta arco-íris não foi afectada pelo peso das trutas, pelo menos no intervalo de pesos testado.

A temperatura da água durante os ensaios de crescimento variou de acordo com as condições ambientais e, em média, foi de 9 a 13 °C, nas experiências 1, 3 e 4, enquanto na experiência 2 foi consideravelmente mais elevada, da ordem dos 19,5 °C.

A variação térmica entre os vários ensaios não deve, no entanto, invalidar os resultados obtidos. De facto, vários estudos têm mostrado que, apesar de dentro de certos limites o crescimento ser mais rápido a temperaturas mais elevadas, a temperatura exerce um efeito apenas quantitativo, pois faz variar de modo similar as necessidades dos nutrientes e da energia, e não exerce um efeito diferencial sobre cada um deles (COWEY E LUQUET, 1983; CHO, 1986).

Do nosso conhecimento, em nenhum estudo foram detectadas modificações nas necessidades quantitativas de proteínas da truta arco-íris, em consequência das variações térmicas (POSSOMPES, 1973; SLINGER et al., 1977; CHO E SLINGER, 1978; LUQUET E FAUCONNEAU, 1979).

A comparação directa dos nossos resultados com os existentes na literatura para a truta arco-íris é dificultada pela falta de homogeneidade de critérios utilizados na expressão dos resultados.

As recomendações do NRC (1981), que aconselham a incorporação nas dietas para salmonídeos, em percentagem dos componentes digeríveis, de 50 % de proteínas na fase de arranque, 40 % seis a oito semanas depois, e 35 % para as trutas de um ano,

parecem-nos ser elevadas, se atentarmos aos resultados que obtivemos nestas experiências.

LUQUET (1971) considera que as necessidades proteicas de truta arco-íris de peso compreendido entre os 10 e os 200 g e alimentadas à saciedade, deverão ser inferiores a 30 %, valor mais baixo que testou. Este autor utilizou como fonte proteica uma farinha de peixe da Noruega de excelente qualidade e, apesar de não ter indicado a sua digestibilidade, sabe-se que esta é da ordem dos 95 % (LUQUET E FAUCONNEAU, 1979). Isto significa que a dieta que continha 30 % de proteína bruta teria uma quantidade de proteínas digeríveis idêntica à da nossa dieta 1, com a qual obtivemos, também, os melhores resultados. Além disso, o valor energético dessa dieta era inferior ao da nossa dieta 1 o que significa que, em termos energéticos, enquanto naquela dieta a energia proteica correspondia a 42 % da energia total da dieta, no nosso caso era de 38 %.

GULBRANDSEN E UTNE (1977) verificaram também que, para trutas arco-íris de peso compreendido entre os 5,4 e os 160 g, alimentadas com dietas contendo entre 35 e 40 % de proteínas e um valor energético de 16 - 17 KJ/g, a inclusão proteica deverá corresponder a 37 - 41 % do conteúdo energético total das dietas.

Uma mais eficiente utilização pela truta arco-íris de dietas incorporando 35 % de proteínas foi também observada por LEE E PUTNAM (1973; valores recalculados por COWEY, 1980), num estudo em que fizeram variar o nível de inclusão proteico das dietas entre 35 e 53 % e o valor energético entre 13 e 19 KJ/g. Ressalta, neste estudo, que a razão proteína bruta/energia bruta óptima nas dietas diminuiu com o aumento do valor energético

destas, sendo de 26,7, 21,7 e 18,3 mg/KJ, respectivamente nas dietas que tinham um valor energético de 13, 16 e 19 KJ/g.

TAKEUCHI et al. (1978a; ver também WATANABE, 1977; WATANABE et al., 1979) determinaram a razão proteína/lípidos óptima nas dietas para truta arco-íris de peso compreendido entre os 2,5 e os 6 g, utilizando para esse efeito dietas com um conteúdo proteico variável entre os 16 e os 48 %, e um conteúdo lipídico variável entre 5 e 20 %. Neste estudo, os melhores resultados foram conseguidos com as dietas que continham 35 % de proteínas, desde que estas incluíssem entre 15 e 20 % de lípidos.

Posteriormente, TAKEUCHI et al. (1978c) determinaram a razão proteína bruta/energia digerível óptima nas dietas para esta espécie, utilizando para o efeito dietas com 35 % de proteínas e um conteúdo energético variável entre 20,4 e 23,2 KJ/g, que testaram em trutas de peso compreendido entre os 30 e os 60 g. Estes autores concluíram que esta razão deveria ser de 18,4 mg/KJ, valor ligeiramente superior ao que determinámos. Neste estudo a digestibilidade das proteínas foi de aproximadamente 98 %, o que significa que as dietas utilizadas continham um teor de proteínas digeríveis de 34 %, valor consideravelmente superior ao da nossa dieta mais eficiente, que era somente de 28 %.

TAKEUCHI et al. (1981) verificaram ainda, que uma dieta que incorporava 35 % de proteínas e 18 % de lípidos permitia um crescimento satisfatório durante todo o ciclo de vida da truta arco-íris. Os resultados obtidos com esta dieta foram idênticos aos conseguidos com uma dieta comercial, que continha 43 - 47 % de proteínas e 13 % de lípidos, e que serviu de controlo.

Numa experiência em que as trutas foram alimentadas em

condições de alimentação proteica e energética separada, de modo a que regulassem voluntariamente a ingestão de energia de acordo com uma quantidade de proteínas fixa previamente ingeridas, KAUSHIK E LUQUET (1984) verificaram que a razão proteína bruta/ energia digerível mais eficiente era de 15 mg/KJ. Todavia, nestas condições de alimentação proteico-energética separada, o crescimento das trutas foi consideravelmente inferior ao do controlo, que recebia uma dieta comercial.

De um modo geral, dentro do intervalo térmico normal para a truta arco-íris, a variação da temperatura e do peso dos animais não afecta de modo sensível a digestibilidade das dietas (WINDELL et al., 1978a; CHO E SLINGER, 1979a; LUQUET E FAUCONNEAU, 1979; NRC, 1981; CHO, 1986).

Nas nossas experiências, apesar da digestibilidade aparente das dietas ter sido ligeiramente melhor na experiência 3 do que na 4, as diferenças entre as duas experiências não foram muito importantes.

Nas duas experiências, a digestibilidade aparente da matéria seca foi fortemente influenciada pela razão proteína/ energia das dietas, diminuindo acentuadamente com o aumento desta.

A digestibilidade aparente das proteínas foi, em média, 80 % e, apesar das diferenças pontuais entre as quatro dietas, nas duas experiências, não foi grandemente afectada pelo nível de inclusão proteico, ao contrário do que aconteceu na experiência descrita no capítulo anterior.

A digestibilidade aparente da energia foi, em média, de 78 % e também não variou grandemente entre as várias dietas

experimentais, excepto na dieta 3 em que, sem razão aparente, foi somente de 73 %.

Neste estudo, os valores da digestibilidade aparente das proteínas foram ligeiramente inferiores aos normalmente indicados na literatura para farinhas de peixe (NRC, 1981; WATANABE et al., 1983a), mas são da mesma ordem de grandeza dos normalmente encontrados nas farinhas de peixe portuguesa, consideradas de boa qualidade (GOUVEIA, 1986).

A composição corporal das trutas não foi grandemente influenciada pela variação da razão proteína/energia das dietas. Notou-se, contudo, uma tendência para a percentagem de humidade e o conteúdo proteico aumentarem, e o conteúdo lipídico diminuir, com o aumento desta razão. Nas trutas alimentadas com a dieta 1, o conteúdo lipídico foi mesmo, em todas as experiências, excepto na experiência 1, significativamente superior ao dos outros grupos.

Efeitos similares da variação da razão proteína/energia das dietas na composição corporal dos peixes foram também observados por vários autores tanto na truta arco-íris como noutras espécies de peixes (PAGE E ANDREWS, 1973; GARLING E WILSON, 1976; WINFREE E STICKNEY, 1981; REINITZ E HITZEL 1980; REINITZ 1983a, b).

Nas nossas experiências, as trutas mantidas em jejum perderam peso numa razão de 1,9 - 2,8 g de peso fresco/Kg/dia. Relativamente aos valores iniciais, o seu conteúdo proteico, lipídico e energético diminuiu, e a percentagem de humidade aumentou, durante o período de jejum. Nestes peixes, a diminuição do conteúdo lipídico foi mais drástica do que a do conteúdo

proteico, o que reflecte uma utilização intensa das reservas lipídicas para cobrir as necessidades energéticas de manutenção (WEATHERLEY E GILL, 1981; JEZINSKA et al., 1982).

A estimativa das perdas de azoto endógeno, efectuada através da análise da variação da composição corporal nas trutas mantidas em jejum, mostra que estas foram de 71 mg/Kg/dia, nas trutas de 80 g de peso médio inicial, e de 108,7 mg/Kg/dia, nas trutas de 4 g de peso médio inicial. Esta diferença na excreção de azoto endógeno pode ser devida, além das diferenças de peso dos peixes, à variação da duração do período de jejum, e à diferença de temperaturas em que decorreram as experiências.

Estes valores são, contudo, da mesma ordem de grandeza dos determinados por vários autores em trutas arco-íris de pesos idênticos aos das trutas utilizadas nas nossas experiências (NOSE, 1971; ROBERTS, 1976; SMITH E THORPE, 1976; WATANABE et al., 1979; KAUSHIK, 1980; OGINO et al., 1980).

As perdas energéticas de manutenção foram, nos peixes mantidos em jejum, cerca de 30 KJ/Kg/dia, e as perdas de azoto endógeno para fins energéticos foram, para o peixe inteiro, cerca de 2,4 - 3,6 mg/KJ, valor ligeiramente inferior ao estimado por KAUSHIK E LUQUET (1977), para o músculo, e que foi de 4 - 5 mg/KJ.

Em síntese, os resultados expostos mostram que, de modo a conseguir-se uma utilização racional das proteínas, as necessidades da truta arco-íris parecem ser satisfeitas com dietas com uma razão proteína digerível/ energia digerível de 16 - 17 mg/KJ, e esta razão não parece ser afectada pelo peso das trutas, pelo menos no intervalo de pesos estudado.

Nestas condições, em dietas de elevada densidade energética (16 - 17 KJ de energia digerível por grama de peso seco), é possível reduzir de 46 para 28 % a incorporação de proteínas digeríveis nas dietas, sem afectar significativamente o crescimento e a utilização do alimento das trutas nem alterar de modo significativo a qualidade das carcaças.

11.3. UTILIZAÇÃO METABÓLICA DAS DIETAS

11.3.1. MATERIAL E MÉTODOS

Estas experiências foram realizadas no sistema termoregulável de recirculação de água instalado no Instituto de Zoologia "Dr. A. Nobre", no Porto, com trutas arco-íris, Salmo gairdneri, obtidas na mesma piscicultura em que se obtiveram as trutas utilizadas nos ensaios de crescimento descritos em 11.2.

As dietas experimentais foram as mesmas que utilizámos nas experiências descritas em 11.2 e a sua composição está indicada na tabela 47.

A primeira experiência foi efectuada em tanques rectangulares de 9 l de volume útil, nos quais se introduziram 30 trutas arco-íris de 1,7 - 1,9 g de peso médio individual. A cada tanque foi atribuída uma das quatro dietas experimentais, que foi distribuída uma vez ao dia (tempo 0), numa quantidade igual a 4,3 - 4,6 % do peso dos animais.

A segunda experiência foi efectuada em tanques circulares de 60 l de volume útil, nos quais se introduziram 30 trutas arco-íris de 15,1 - 16,9 g de peso médio individual. A cada tanque foi atribuída uma das quatro dietas experimentais, que foi distribuída uma vez ao dia (tempo 0), numa quantidade igual a 0,8 - 2,5 % do peso dos animais.

Após uma semana de adaptação às dietas e às condições experimentais, doseou-se o consumo de oxigénio e a excreção de

amónia pós-prandiais, em contínuo, durante três dias consecutivos, conforme descrito na metodologia geral. As trutas foram, então, privadas de alimento durante 7 dias e, em seguida, doseou-se o consumo de oxigénio e a excreção de amónia, durante um ciclo diário, nos peixes em jejum.

11.3.2. RESULTADOS

11.3.2.1. EXPERIêNCIA 1.

11.3.2.1.1. Excreção de amónia

A excreção de amónia pós-prandial não evoluiu de modo idêntico ao longo do dia, nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais (figura 38).

Assim, nas trutas alimentadas com a dieta 4, a excreção de amónia começou a aumentar imediatamente depois da ingestão do alimento, até cerca de 10 horas depois e, em seguida, começou a diminuir até ao momento da nova ingestão.

Nas trutas alimentadas com a dieta 3, a excreção de amónia também começou a aumentar logo depois da ingestão do alimento, até cerca de 15 horas depois e, em seguida, diminuiu até ao momento da nova ingestão.

Pelo contrário, nas trutas alimentadas com a dieta 2, a excreção de amónia diminuiu até cerca de 5 horas depois da ingestão do alimento. A partir dessa altura começou a aumentar, até cerca de 1 hora antes da nova ingestão.

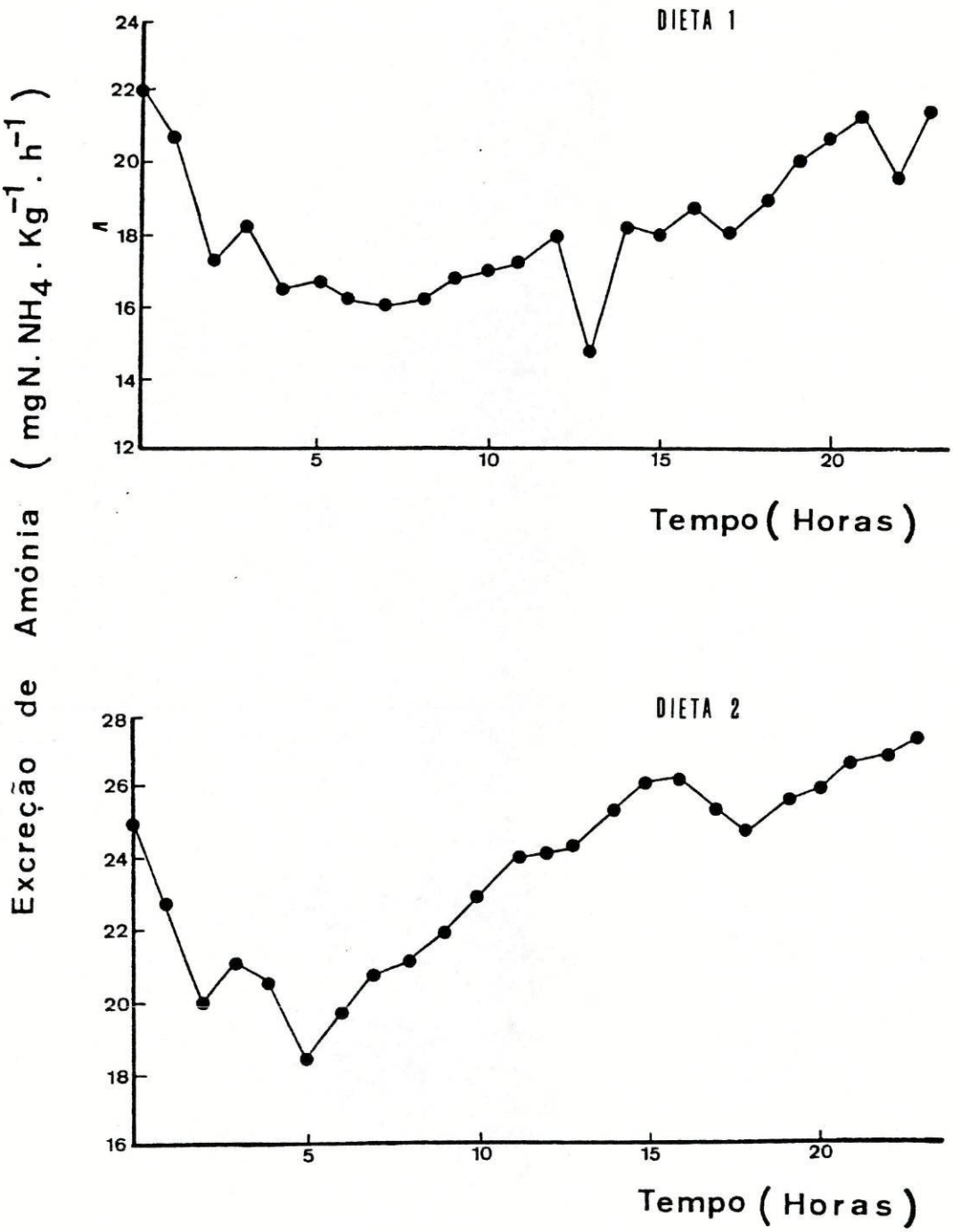


Figura 38. Variação diária da excreção de amónia pós-prandial de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

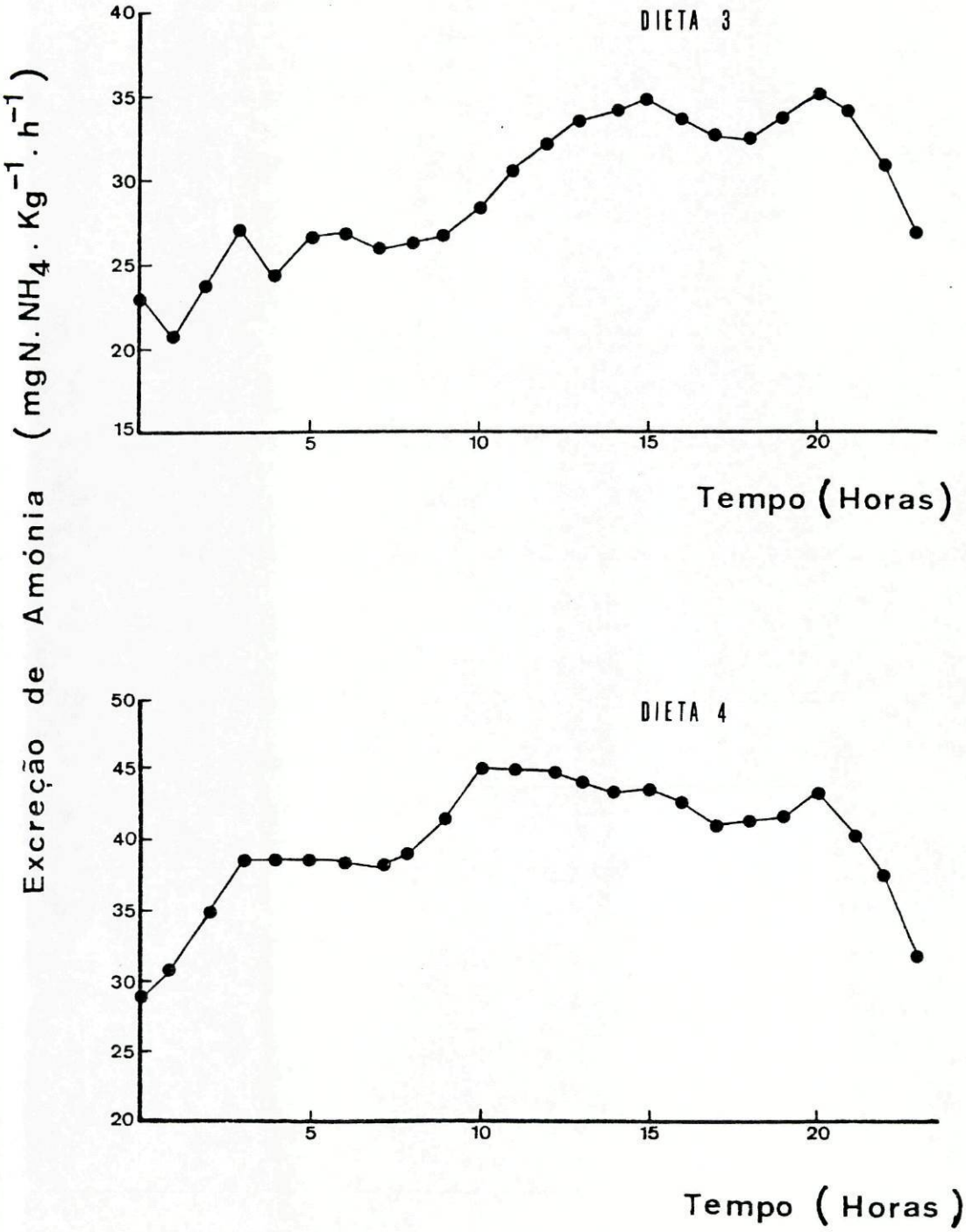


Figura 38 (cont.)

Nas trutas alimentadas com a dieta 1, a excreção de amónia também diminuiu após a ingestão do alimento, até cerca de 7 horas depois e, a partir dessa altura, começou a aumentar até ao momento da nova ingestão.

Em valores absolutos, a excreção diária de amónia variou entre 441,8 e 955,9 mg/Kg/dia, e aumentou significativamente ($P<0,05$) com o aumento do conteúdo proteico das dietas (tabela 59). Nas trutas em jejum, a excreção de azoto amoniacal foi, em média, de 120,7 mg/Kg/dia.

Em percentagem do azoto ingerido, a excreção de azoto amoniacal variou entre 17,9 e 22,9 %, e apesar de aumentar com o aumento da razão proteína/energia das dietas, este aumento não foi estatisticamente significativo ($P>0,05$) (tabela 59).

Tabela 59. Excreção de amónia, expressa em valores absolutos e em percentagem de azoto ingerido (NI), de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	EXCREÇÃO DE AMÓNIA ($mg.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	(%NI)
1	441,8(17,9)d	17,9(1,4)a
2	566,0(32,1)c	19,7(1,1)a
3	705,7(65,0)b	20,1(2,4)a
4	955,9(90,7)a	22,9(2,5)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

11.3.2.1.2. Consumo de oxigénio

A variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial foi idêntica nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais (figura 39). O consumo de oxigénio começou a aumentar cerca de 7 horas antes da ingestão do alimento, aumentou um pouco mais nessa altura, e manteve-se elevado durante mais 9 a 12 horas. De seguida começou a diminuir para o valor diário mínimo, que ocorreu cerca de 17 horas depois da ingestão do alimento.

Em valores absolutos, o consumo de oxigénio variou entre 9,1 e 10,6 g/Kg/dia, e mostrou tendência para aumentar com o aumento da razão proteína/energia das dietas (tabela 60). Nas trutas em jejum, o consumo de oxigénio foi, em média, 5,3 g/Kg/dia.

A acção dinâmica específica variou entre 5,8 e 7,5 % da energia ingerida e, apesar de aumentar com o aumento da razão proteína/energia das dietas, este aumento não foi estatisticamente significativo ($P>0,05$) (tabela 60).

O quociente de amónia, A.Q., aumentou significativamente com o aumento da razão proteína/energia das dietas ($P<0,05$). A contribuição da energia proteica para o metabolismo energético, estimada a partir deste quociente, segundo KUTTY (1978), aumentou de 33,5 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, para 62,6 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4 (tabela 61).

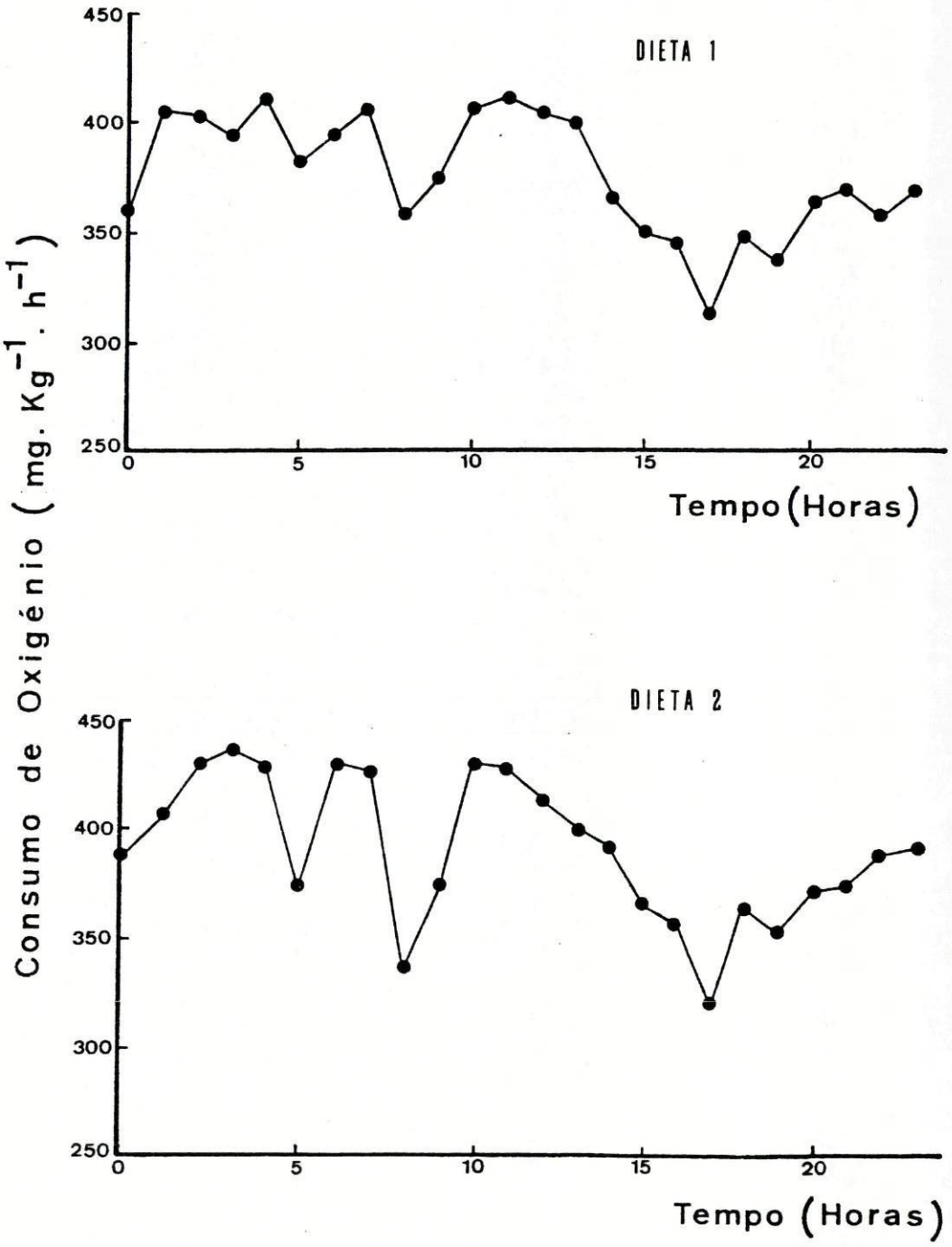


Figura 39. Variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

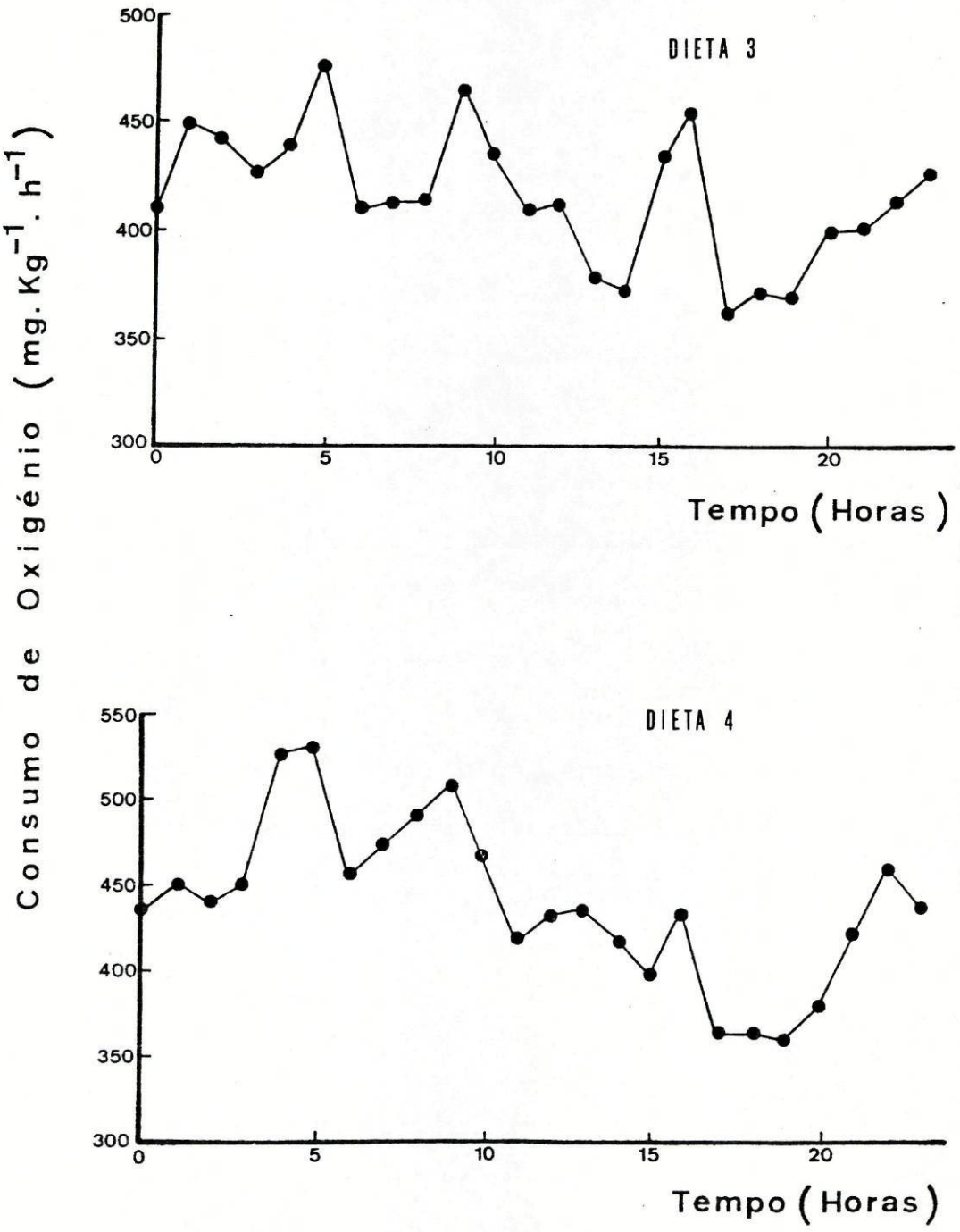


Figura 39 (cont.)

Tabela 60. Consumo de oxigénio e acção dinâmica específica (SDA), medida em percentagem de energia ingerida (EI), de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	CONSUMO DE OXIGÉNIO ($mg.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	S.D.A. (% EI)
1	9133,9(525,1)b	5,8(1,0)a
2	9392,4(794,0)b	6,3(1,2)a
3	9915,7(271,2)ab	6,8(0,6)a
4	10564,9(372,6)a	7,5(0,4)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

Tabela 61. Quociente de amónia (A.Q.) e estimativa da contribuição da energia proteica para o metabolismo energético de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	A.Q.	ENERGIA PROTEICA (% da energia dispendida no metabolismo)
1	0,110(0,002)d	33,5
2	0,138(0,004)c	41,8
3	0,162(0,011)b	49,2
4	0,207(0,015)a	62,6

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

11.3.2.1.3. Balanços energéticos e azotados

Baseados nos resultados das determinações do consumo de oxigénio, da excreção de azoto amoniacal e da digestibilidade aparente das dietas, estabelecemos os balanços energéticos e azotados das trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, que apresentamos na tabela 62.

Os balanços energéticos mostram que a percentagem de energia ingerida disponível para ser retida diminuiu com o aumento da razão proteína/energia das dietas, de 64,2 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, para 59,5 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4, devido às maiores perdas de energia urinária e branquial, e ao ligeiro aumento da acção dinâmica específica, nas trutas alimentadas com essas dietas.

Devido à pior digestibilidade dos substratos energéticos na dieta 3, a percentagem da energia ingerida disponível para ser retida foi menor nas trutas alimentadas com esta dieta do que nas trutas alimentadas com a dieta 4. Porém, se considerarmos a retenção energética em relação à energia digerível ingerida, tal inversão não acontece.

Os balanços azotados mostram que a percentagem de azoto ingerido disponível para ser retido também diminuiu com o aumento da razão proteína/energia das dietas, devido, essencialmente, às maiores perdas urinárias e branquiais de azoto amoniacal. A retenção azotada diminuiu assim, em percentagem do azoto ingerido, de 62 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, para 58,3 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4.

Tabela 62. Balanços energéticos e azotados de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

DIETA:	1	2	3	4
ENERGIA				
INGERIDA ($KJ.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	951,4	922,5	971,4	991,1
DIGERÍVEL(%EI) (1) (2)	79,0	77,6	73,6	77,0
METABOLIZÁVEL (%EI)	77,8	76,1	71,8	74,6
LÍQUIDA (%EI)	72,0	69,8	65,0	67,1
RETIDA (%EI)	64,2	61,7	57,4	59,5
AZOTO				
INGERIDO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	2,48	2,88	3,52	4,18
FECAL (%NI) (1) (2)	20,0	18,8	20,9	18,8
URINÁRIO + BRANQUIAL (%NI)	17,9	19,7	20,1	22,9
RETIDO (%NI)	62,1	61,5	59,0	58,3

(1) Média da digestibilidade das experiências 3 e 4 do capítulo anterior.

(2) NI - azoto ingerido; EI - energia ingerida.

11.3.2.2. EXPERIÊNCIA 2.

11.3.2.2.1. Excreção de amónia

A excreção pós-prandial de amónia variou de modo idêntico à que observámos na experiência anterior, mas os valores de excreção diária máximos foram atingidos um pouco mais cedo (figura 40).

Assim, nas trutas alimentadas com as dietas 3 e 4, a excreção de amónia começou a aumentar imediatamente depois da ingestão do alimento, até cerca de 5 e 7 horas depois, respectivamente. Em seguida, a excreção de amónia começou a diminuir até à nova ingestão de alimento.

Pelo contrário, nas trutas alimentadas com as dietas 1 e 2, a excreção de amónia diminuiu até cerca de 5 horas depois da ingestão do alimento, e só então começou a aumentar para o valor diário de excreção máxima, que ocorreu cerca de 15 horas depois da respectiva ingestão.

Em valores absolutos, a excreção diária de amónia variou entre 352 e 521 mg/Kg/dia (tabela 63). Em percentagem do azoto ingerido, a excreção de azoto amoniacal variou entre 36,5 e 55 %, e foi significativamente menor ($P<0,05$) nas trutas alimentadas com a dieta 1, relativamente às alimentadas com as dietas 2 e 4 (tabela 63). Nas trutas mantidas em jejum, a excreção de azoto amoniacal foi, em média, de 178,4 mg/Kg/dia.

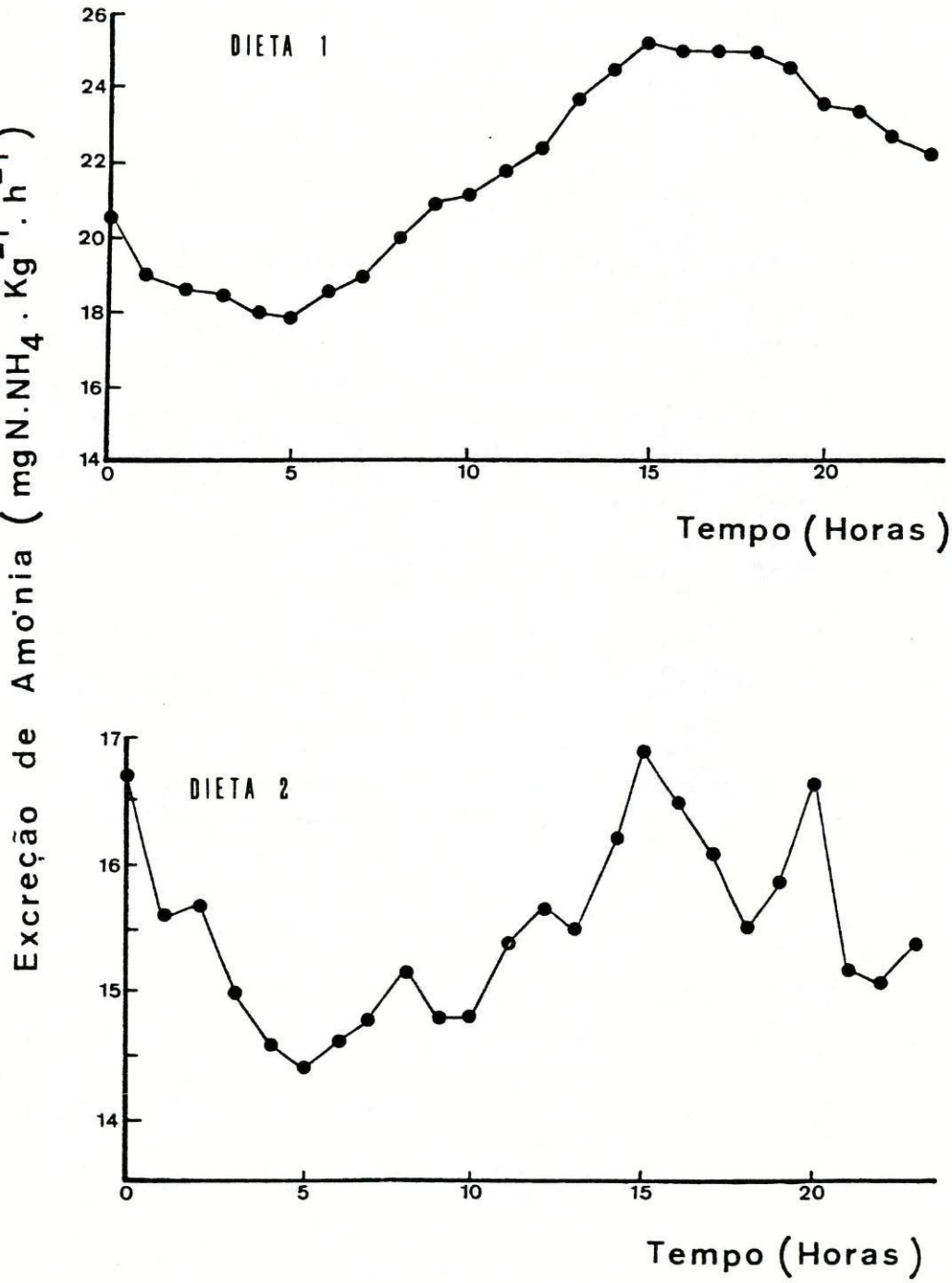


Figura 40. Variação diária da excreção de amónia pós-prandial de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

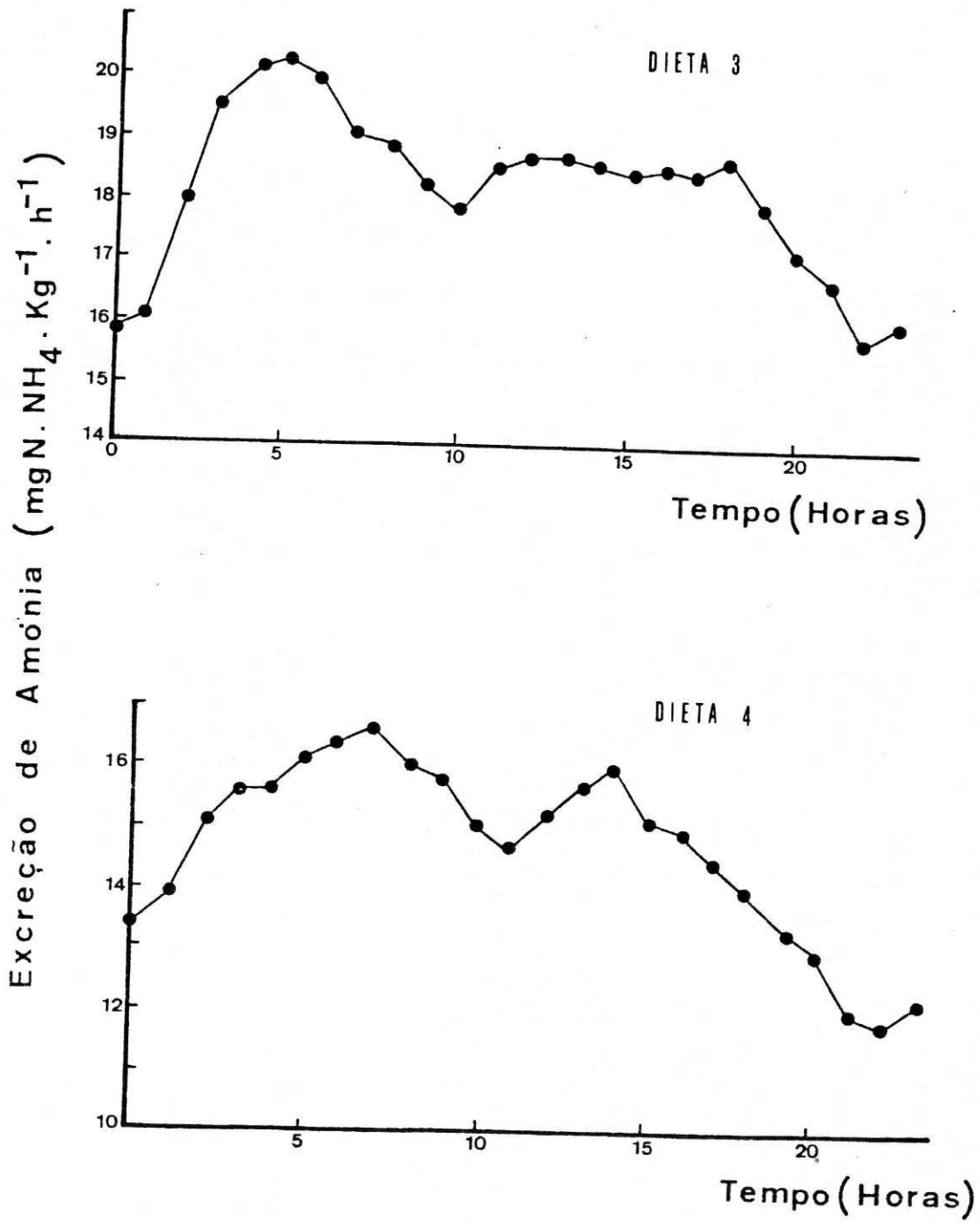


Figura 40 (cont.)

Tabela 63. Excreção de amónia, expressa em valores absolutos e em percentagem do azoto ingerido (NI) de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	EXCREÇÃO DE AMÓNIA ($mg.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	(% EI)
1	521,6(43,8)	36,5(3,0)b
2	372,0(13,8)	53,6(7,2)a
3	437,5(22,1)	43,7(3,4)ab
4	352,0(29,9)	52,6(7,5)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

11.3.2.2.2. Consumo de oxigénio

O consumo de oxigénio pós-prandial não sofreu grandes oscilações durante o dia. A sua variação diária foi contudo semelhante à que observámos na experiência anterior (figura 41).

Em valores absolutos, o consumo de oxigénio variou entre 5 e 7 g/Kg/dia (tabela 64). Nas trutas mantidas em jejum, o consumo de oxigénio foi, em média, 3,8 g/Kg/dia.

A acção dinâmica específica variou entre 8,8 e 10,3 % da energia ingerida, e mostrou tendência para aumentar com o aumento da razão proteína/energia das dietas, mas este aumento não foi estatisticamente significativo ($P>0,05$) (tabela 64).

O quociente de amónia, A.Q., não variou significativamente ($P>0,05$) nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais. A contribuição da energia proteica para o metabolismo energético, estimada a partir deste valor, segundo KUTTY (1978), variou entre 46,4 e 53,0 % nas trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais (tabela 65).

11.3.2.3. Balanços energéticos e azotados

Baseados nas determinações do consumo de oxigénio, da excreção de azoto amoniacal e da digestibilidade aparente das dietas, estabelecemos os balanços energéticos e azotados das trutas alimentadas com as quatro dietas experimentais, que apresentamos na tabela 66.

Tal como na experiência anterior, os balanços energéticos mostram que a percentagem da energia ingerida disponível para

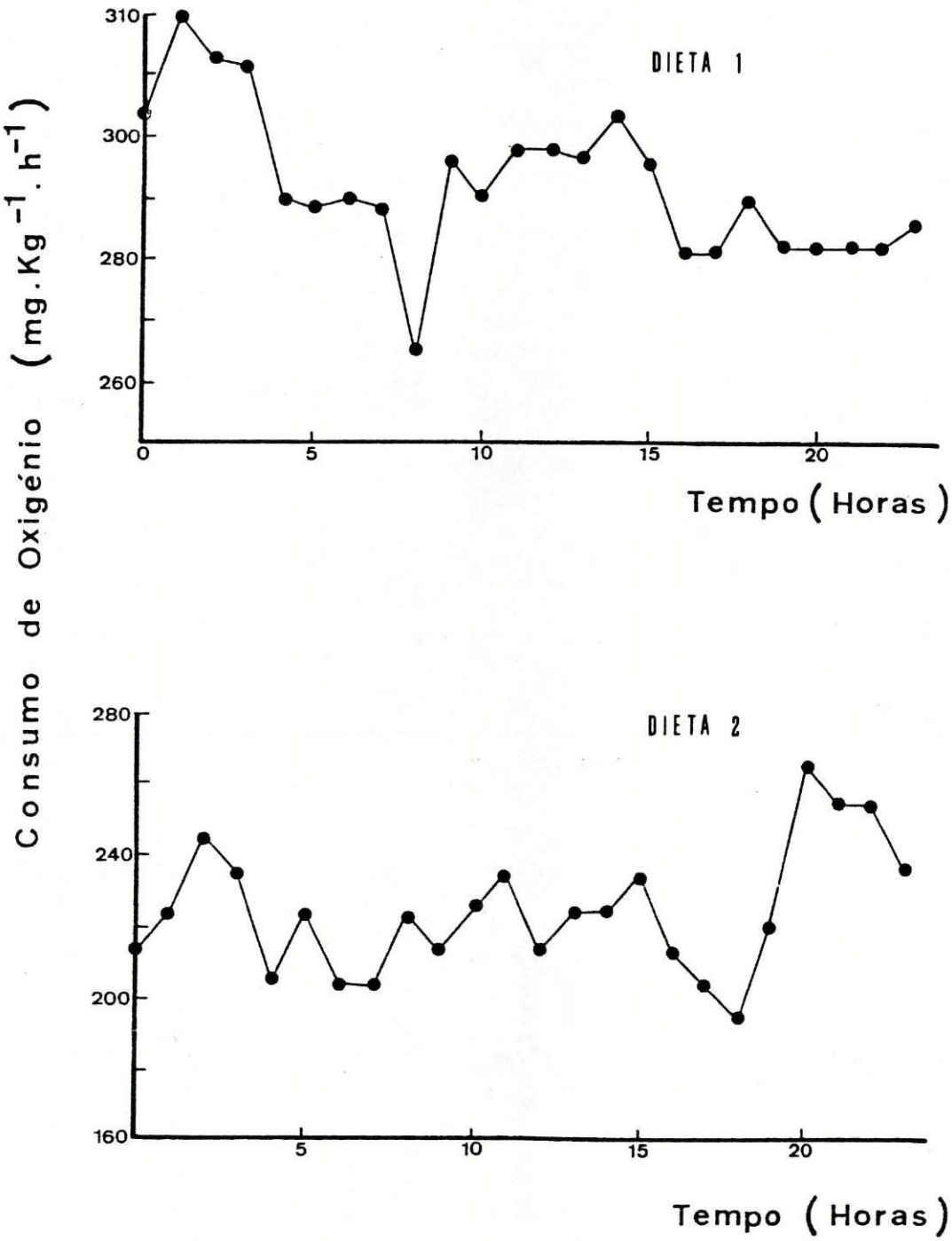


Figura 41. Variação diária do consumo de oxigénio pós-prandial de trutas arco-íris alimentadas com as quatro dietas experimentais.

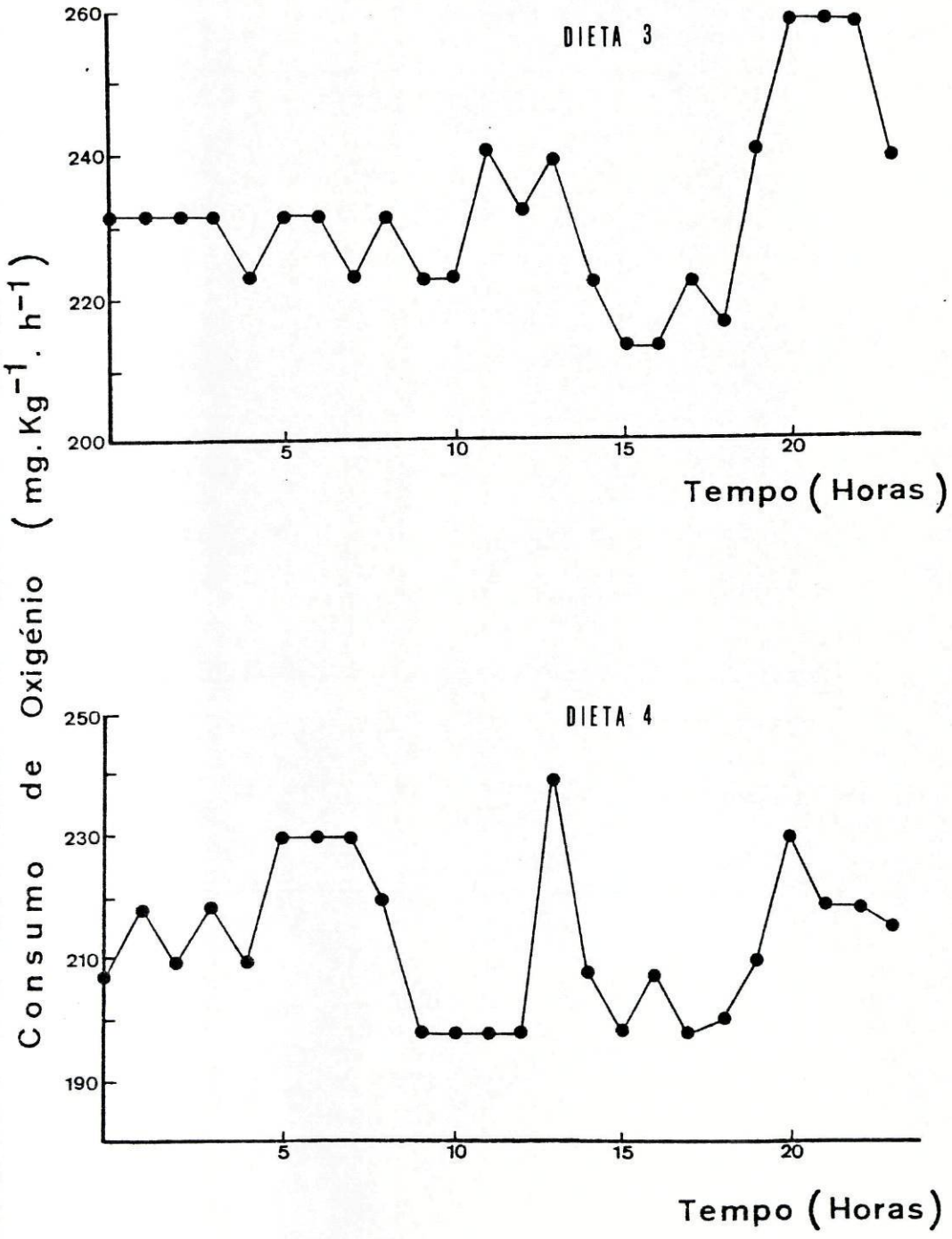


Figura 41 (cont.)

Tabela 64. Consumo de oxigénio e acção dinâmica específica (SDA), expressa em percentagem da energia ingerida (EI), de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	CONSUMO DE OXIGÉNIO ($mg.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	S.D.A. (% EI)
1	7043,4(243,0)	8,8(2,1)a
2	5399,6(560,2)	9,4(3,8)a
3	5594,4(485,3)	9,0(3,5)a
4	4994,2(124,4)	10,3(3,4)a

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

Tabela 65. Quociente de amónia (A.Q.) e estimativa da contribuição da energia proteica para o metabolismo energético de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais (1).

DIETA	A.Q.	ENERGIA PROTEICA (% da energia dispendida no metabolismo)
1	0,162(0,013)a	49,1
2	0,158(0,008)a	47,9
3	0,175(0,021)a	53,0
4	0,153(0,006)a	46,4

(1) Valores médios; entre parêntesis indica-se o desvio padrão. Na mesma coluna, valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes (P>0,05).

Tabela 66. Balanços energéticos e azotados de trutas arco-íris alimentadas com as dietas experimentais.

DIETA:	1	2	3	4
ENERGIA				
INGERIDA ($KJ.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	530,0	243,7	288,9	169,7
DIGERÍVEL (%EI) (1) (2)	79,0	77,6	73,6	77,0
METABOLIZÁVEL (%EI)	76,5	73,7	69,3	71,7
LÍQUIDA (%EI)	67,7	64,3	60,3	61,4
RETIDA (%EI)	57,4	42,2	41,6	28,8
AZOTO				
INGERIDO ($g.Kg^{-1}.dia^{-1}$)	1,43	0,70	1,01	0,67
FECAL (%NI) (1) (2)	20,0	18,8	20,9	18,8
URINÁRIO + BRANQUIAL (%NI)	36,5	53,6	43,7	52,6
RETIDO (%NI)	43,5	27,6	35,4	28,6

(1) Média da digestibilidade das experiências 3 e 4 do capítulo anterior.

(2) NI - azoto ingerido; EI - energia ingerida.

ser retida diminuiu acentuadamente com o aumento da razão proteína/energia das dietas, de 57,4 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, para 28,8 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4, devido, essencialmente, ao aumento das perdas energéticas urinárias e branquiais mas, também, ao ligeiro aumento da acção dinâmica específica.

Os balanços azotados mostram que a percentagem de azoto ingerido disponível para ser retido também diminuiu acentuadamente com o aumento da razão proteína/energia das dietas devido, essencialmente, ao aumento das perdas urinárias e branquiais de amónia. Assim, a percentagem do azoto ingerido disponível para ser retido passou de 43,5 %, nas trutas alimentadas com a dieta 1, para 28,6 %, nas trutas alimentadas com a dieta 4.

11.3.3. DISCUSSÃO

A evolução diária da excreção de amónia pós-prandial foi semelhante nas duas experiências, e mostrou ser influenciada pela composição das dietas.

Nas trutas alimentadas com as dietas que continham uma grande concentração proteica, a excreção de amónia aumentou logo depois da ingestão do alimento, e o pico de excreção diária máxima ocorreu 5 a 10 horas depois da respectiva ingestão. Em seguida, a excreção de amónia diminuiu até nova ingestão de alimento.

Este ritmo diário de excreção de amónia é semelhante ao que observámos em experiências anteriores, e ao que é normalmente

indicado na literatura para várias espécies de salmonídeos alimentados uma vez ao dia (BRETT E ZALA, 1975; RYCHLY E MARINA, 1977; KAUSHIK, 1980; MEDALE et al., 1985; MING, 1985).

Nas trutas alimentadas com as dietas com um conteúdo proteico mais reduzido notou-se um desvio temporal no ritmo diário de excreção de amónia. O pico de excreção diária máxima ocorreu entre 15 e 24 horas depois da ingestão do alimento; em seguida, a excreção de amónia diminuiu, até cerca de 5 a 7 horas depois da nova ingestão, só então começando a aumentar.

Este tipo de variação diária de excreção de amónia é semelhante ao que observámos no capitulo 10, nas trutas alimentadas com a dieta 2, que continha 30 % de proteína bruta, e semelhante à observada por GARCIA et al. (1981) em trutas alimentadas com uma dieta considerada de baixo teor proteico (36 % de proteína bruta). Com esta dieta, estes autores verificaram que a excreção de amónia aumentava lentamente, desde a ingestão do alimento até 20 horas depois, altura em que terminaram as observações. Pelo contrário, nas trutas alimentadas com uma dieta considerada de alto teor proteico (45 % de proteína bruta), a excreção de amónia aumentava até cerca de 14 horas depois da ingestão do alimento, e em seguida diminuia até ao fim das observações, 20 horas depois.

Considera-se que o aumento pós-prandial da excreção de amónia representa uma rápida desaminação de ácidos aminados de origem exógena (BRETT E ZALA, 1975; RYCHLY E MARINA, 1977). Assim sendo, as diferenças que observámos nos ritmos diários de excreção de amónia sugerem que a modificação da razão proteína/energia das dietas induz modificações fisiológicas no metabolismo das

proteínas.

Nas nossas experiências, a excreção diária de amónia aumentou linearmente com o aumento da ingestão de azoto, tal como também foi observado por vários autores, tanto nesta espécie (KAUSHIK, 1980, 1981; RYCHLY, 1980; BEAMISH E THOMAS, 1984) como noutras (BIRKETT, 1969; IWATA, 1970; SAVITZ, 1971; ELLIOTT, 1976a; SAVITZ et al., 1977; DURBIN E DURBIN, 1981; TATRAI, 1981).

Em percentagem do azoto ingerido, a excreção de amónia aumentou com o aumento do teor em proteínas nas dietas, mas este aumento só foi estatisticamente significativo na experiência 2. Nesta espécie, uma relação semelhante entre o nível de incorporação proteico nas dietas e a excreção de azoto foi também observada por outros autores (RYCHLY, 1980; GARCIA et al., 1981; BEAMISH E THOMAS, 1984).

As perdas de energia urinária e branquial variaram entre 1,2 e 4,3 % da energia ingerida, valores substancialmente inferiores a 8 %, valor considerado por vários autores como sendo uma estimativa adequada para as perdas de energia urinária e branquial pela truta arco-íris (CHO et al., 1976; CHO E SLINGER, 1978b; CHO, 1982). São, porém, da mesma ordem de grandeza dos valores indicados para esta espécie por KAUSHIK (1981) e WATANABE et al. (1983b) e dos valores que determinámos em capítulos anteriores.

A variação diária pós-prandial do consumo de oxigénio foi idêntica nas duas experiências, e não foi afectada pela composição das dietas, o que está de acordo com as observações de LEGROW E BEAMISH (1986), também na truta arco-íris, e de SCHALLES

E WISSING (1976) em Lepomis macrochirus.

Nas nossas experiências a acção dinâmica específica variou entre 5,8 e 10,3 % da energia ingerida, e estes valores são da mesma ordem de grandeza dos determinados nesta espécie por vários autores (CHO et al., 1976a; CHO E SLINGER, 1979b; CHO, 1982; MEDLAND E BEAMISH, 1985; LEGROW E BEAMISH, 1986).

A acção dinâmica específica representa o aumento dos gastos energéticos associados à ingestão do alimento e, pelo menos aparentemente, é, em grande parte, devida à energia necessária para desaminar e excretar o azoto proteico de origem exógena (BRETT E GROVES, 1979; CHO et al., 1982). Este parâmetro é, assim, afectado pela qualidade nutricional das dietas, e valores reduzidos de accão dinâmica específica indicam uma maior eficiência na utilização das proteínas de origem alimentar (LEGROW E BEAMISH, 1986).

Nas nossas experiências, a acção dinâmica específica aumentou ligeiramente com o aumento da razão proteína/energia das dietas, mas não de um modo estatisticamente significativo. Um aumento da acção dinâmica específica com o aumento do conteúdo proteico das dietas foi também observado por vários autores tanto nesta espécie (CHO et al., 1976a; CHO, 1982; MEDLAND E BEAMISH, 1985; LEGROW E BEAMISH, 1986) como noutras espécies de peixes (TANDLER E BEAMISH, 1980; JOBLING E DAVIES, 1980).

As necessidades de energia líquida de manutenção, estimadas a partir das determinações do consumo de oxigénio nas trutas em jejum pela aplicação de um coeficiente oxienergético (ELLIOTT E DAVISON, 1975), foram de 54 - 75 KJ/Kg/dia, valores da mesma ordem de grandeza dos indicados para a truta arco-íris por

outros autores (CHO et al., 1976a; CHO E SLINGER, 1979b; CHO, 1982).

A excreção de azoto endógeno, medida sob a forma de amónia, foi de 120 - 178 mg/Kg/dia, e estes valores são da mesma ordem de grandeza dos observados nesta espécie por vários autores (NOSE, 1961, 1971; FROMM, 1963; OLSON E FROMM, 1971; ROBERTS, 1976).

Tanto a excreção de azoto amoniacal endógeno como as necessidades de energia líquida de manutenção foram superiores às que determinámos pela análise da composição corporal nas trutas mantidas em jejum, nos ensaios de crescimento. Esta diferença pode, no entanto, ser devida, além das diferenças inerentes a cada um dos tipos de métodos utilizados na determinação destes valores, à diferente duração do período de jejum e à diferente temperatura da água nos dois conjuntos de experiências.

As perdas de azoto amoniacal endógeno para fins energéticos foram de 1,6 - 3,3 mg N/KJ, valores da mesma ordem de grandeza dos que observámos pela análise da composição corporal das trutas mantidas em jejum, nos ensaios de crescimento.

As necessidades proteicas de manutenção, estimadas a partir da excreção de azoto amoniacal endógeno, e considerando uma digestibilidade média das proteínas de 80 %, valor médio de digestibilidade das proteínas nas dietas que utilizámos nestas experiências, são de 0,9 - 1,4 g/Kg/dia, valor semelhante ao que estimámos em 6.3, e da mesma ordem de grandeza do indicado para esta espécie por vários autores (ROBERTS, 1976; LUQUET E KAUSHIK, 1979; KAUSHIK et al., 1981; KAUSHIK E LUQUET, 1984).

Em síntese, os resultados destas experiências confirmam

os obtidos nos ensaios de crescimento descritos em 11.2.

A análise dos balanços energéticos e azotados permite-nos concluir que, dentro dos limites experimentais testados, a melhor utilização das dietas com uma razão proteína/energia mais baixa ficou a dever-se, essencialmente, às menores perdas urinárias e branquiais de azoto amoniacal e, também, à ligeira diminuição da acção dinâmica específica, nas trutas alimentadas com essas dietas.

12. CONCLUSÕES GERAIS

Neste trabalho julgamos algo ter contribuido para caracterizar com mais precisão o efeito da triploidia ao longo do ciclo de vida da truta arco-íris, Salmo gairdneri, assim como para esclarecer alguns aspectos da interacção proteico-energética nas dietas e da relação com a idade da razão proteína/energia óptima nas dietas para esta espécie.

Em síntese, e com base nos resultados obtidos ao longo deste trabalho, entendemos poder formular as seguintes conclusões no que se refere ao efeito da triploidia durante o ciclo de vida da truta arco-íris:

1. A técnica de indução de triploidia por choque térmico que aplicámos pode considerar-se bastante eficiente, pois resultou na indução da triploidia em 90 % dos embriões tratados.

2. A confirmação da triploidia por medição do volume nuclear médio dos eritrócitos deu resultados idênticos aos da determinação dos cariótipos em embriões, o que indica que aquela é uma técnica perfeitamente capaz para avaliar a percentagem de indução da triploidia.

3. Durante a embriogénese e na fase de adaptação ao alimento a mortalidade dos triploides mostou-se consideravelmente superior à dos diploides.

4. Durante o desenvolvimento embrionário não se mostraram significativas as diferenças entre diploides e triploides no metabolismo energético e azotado.

5. Durante a embriogénese, o consumo de oxigénio e a excreção de amónia mostraram-se directamente relacionados com a variação da temperatura, mas o mesmo não aconteceu em relação à excreção de ureia.

6. A temperatura parece exercer um efeito assinalável na utilização metabólica das reservas energéticas endógenas. Dentro dos limites térmicos testados (5 a 12 °C), a energia proteica dispendida na cobertura das necessidades energéticas dos embriões diminuiu, em percentagem da energia total metabolizada, com o aumento da temperatura.

7. A contribuição da energia proteica para o metabolismo energético total diminuiu, à temperatura de 12 °C, à medida que prosseguia o desenvolvimento embrionário, mas aumentou no fim deste período, provavelmente devido ao esgotamento das outras fontes energéticas endógenas.

Deste modo, afigura-se de toda a vantagem que a distribuição de alimento se comece a processar antes da absorpção completa da vesícula vitelina.

8. Durante a alevinagem, o crescimento e utilização do alimento pelos triploides mostraram-se inferiores aos dos diploides.

9. No período juvenil, concretamente no primeiro e no segundo ano de vida, pode dizer-se que não foram muito importantes as diferenças de crescimento e utilização do alimento entre as duas ploidias, apesar de os diploides se terem mostrado ligeiramente melhores do que os diploides.

10. Durante a fase final de maturação sexual e no período de postura, os machos diploides perderam peso continuamente, enquanto que as fêmeas diploides não deixaram de crescer; apesar disso o peso destas diminuiu, em consequência da libertação dos produtos sexuais.

Neste período, as trutas triploides não deixaram de crescer, e o crescimento das fêmeas foi superior ao dos machos.

11. Nas fêmeas triploides as gónadas não se desenvolveram. Um mês antes da época normal de reprodução não passavam de um delgado filamento cujo peso correspondia, em média, a 0,2 % do peso do corpo, enquanto que as gónadas das fêmeas diploides se apresentavam desenvolvidas e pesavam, em média, 11,2 % do peso do corpo.

12. Os machos triploides, apesar de funcionalmente estéreis, apresentavam gónadas desenvolvidas, cujo peso era idêntico ao das gónadas dos machos diploides.

13. Ao aproximar-se a época normal de reprodução, os machos triploides desenvolveram os caracteres sexuais secundários

característicos, enquanto que as fêmeas triploides mantiveram o seu fenótipo juvenil.

14. Nas trutas adultas, em período de repouso sexual, no terceiro ano de vida, o crescimento e utilização do alimento pelos triploides mostrou-se melhor do que o dos diploides.

Por sexos, neste período, o crescimento das fêmeas foi superior ao dos machos. O crescimento das fêmeas diploides e triploides não foi muito diferente entre si.

15. A nível digestivo, não se mostraram importantes as diferenças entre diploides e triploides no que se refere à digestibilidade aparente de proteínas e energia, nos juvenis e adultos.

16. A nível metabólico, podemos considerar não serem importantes as diferenças entre as duas ploidias no metabolismo respiratório e azotado de alevins e juvenis em jejum.

Nos juvenis, as diferenças entre as duas ploidias na utilização metabólica das dietas também não se mostraram muito importantes.

17. No estudo comparativo da utilização metabólica das dietas pelos juvenis triploides convencionais (obtidos por um tratamento térmico a quente) e triploides obtidos pelo cruzamento de fêmeas diploides com machos tetraploides, constatámos que, a esse nível, não foram significativas as diferenças entre estes dois grupos.

18. Do ponto de vista económico, tudo leva a crer não ser vantajosa a utilização de trutas arco-íris triploides em explorações piscícolas que se dediquem à produção e comercialização de trutas antes de atingida a primeira época de maturação sexual.

No entanto, nos casos em que o ciclo de produção abranja esse período, a utilização de trutas triploides afigura-se-nos vantajosa.

Neste caso, a optimização da produção pode ser conseguida se forem utilizadas populações monosexuais femininas, visto que as fêmeas triploides parecem comportar-se sempre como juvenis: o seu crescimento não foi afectado em consequência da maturação sexual, as suas gónadas não se desenvolveram, e mantiveram o fenótipo juvenil durante a época normal de reprodução.

No que se refere ao efeito da relação proteína/energia das dietas, com base nos resultados obtidos neste trabalho, julgamos poder formular as seguintes conclusões:

19. A substituição do amido cru por amido gelatinizado, mais digerível, em dietas com um teor em energia bruta idêntico, não parece afectar o crescimento da truta arco-íris.

No entanto, constatamos que a quantidade de alimento ingerido diminuiu e, consequentemente, melhorou a eficiência de utilização proteica e energética das dietas.

20. A incorporação nas dietas de hidratos de carbono mais digeríveis contribuiu para reduzir as proteínas dispendidas na cobertura das necessidades energéticas da truta arco-íris. Este efeito ficou a dever-se não só ao aumento da energia digerível das dietas, mas também à diminuição das perdas urinárias e branquiais de amónia.

21. Em dietas isoenergéticas contendo níveis elevados de amido gelatinizado, a redução do nível de inclusão proteico de 40 % para 30 %, acompanhada do aumento do teor lipídico de 11 % para 19 %, mostrou ter consequências negativas no crescimento e utilização do alimento pela truta arco-íris.

Esta dieta tinha uma razão proteína digerível/energia digerível de 14,3 mg/KJ, valor que, é de supor, será inadequado para a truta arco-íris.

22. Se a utilização mais racional das proteínas for o critério de apreciação da utilização das dietas, a razão proteína/energia óptima nas dietas para a truta arco-íris não parece ser influenciada pelo peso das trutas, pelo menos no intervalo de pesos compreendido entre os 0,4 e os 200 g.

23. No intervalo de pesos considerado, as necessidades proteico-energéticas da truta arco-íris foram satisfeitas com uma dieta que continha 28 % de proteínas digeríveis e uma razão proteína digerível/energia digerível de 16,5 mg/KJ, os valores mais baixo de entre os que testámos.

Se tomarmos em consideração os maus resultados

zootécnicos que obtivemos em experiências anteriores com a dieta em que esta razão era de 14,3 mg/KJ, tudo leva a crer que o valor de 16,5 mg/KJ se deve situar muito perto do valor mínimo que se pode incorporar nas dietas para a truta arco-íris de modo a que se obtenham resultados satisfatórios de crescimento e utilização do alimento.

24. A nível metabólico, dentro dos limites experimentais testados, a melhor utilização das dietas com uma razão proteína/energia mais baixa ficou a dever-se essencialmente à diminuição das perdas urinárias e branquiais de amónia, mas também à menor acção dinâmica específica, nas trutas alimentadas com essas dietas.

25. A variação diária da excreção pós-prandial de amónia mostrou-se influenciada pelo nível de inclusão proteico nas dietas, o que indica que o metabolismo das proteínas sofreu uma modificação em consequência de uma alimentação proteica mais restritiva.

26. Do ponto de vista prático, julgamos ser possível reduzir para 28 % o nível de inclusão de proteínas digeríveis, em dietas contendo uma energia digerível de 16-17 KJ/g, sem alterar significativamente as características zootécnicas da truta arco-íris.

O aumento da energia digerível das dietas, conseguido através da incorporação de hidratos de carbono mais digeríveis, parece contribuir para melhorar a eficiência de uti-

lização das dietas e reduzir as perdas de proteínas para fins energéticos.

Em nosso entender, não é só o eventual interesse económico destes resultados que deve ser tomado em consideração, mas deve também ser ponderado o seu interesse ecológico. Pela aplicação das medidas apontadas na formulação das dietas para a truta arco-íris pode-se contribuir para reduzir a poluição orgânica das águas provocada pelos efluentes das pisciculturas, visto que, deste modo, se reduz a quantidade de dejectos sólidos e os produtos de excreção azotada.

13. SUMMARY

The aim of this work was to characterize more precisely the effect of triploidy during the life cycle of rainbow trout, Salmo gairdneri, as well as to analyse some aspects of dietary protein/energy interaction and to establish the effect of weight and/or age on the optimum protein/energy ratio of the diets.

According to the results obtained in the first part of this work regarding the effect of triploidy during the life cycle of rainbow trout, the following conclusions can be drawn:

1. The triploidy induction technic applied (heat shock treatment at 28°C, lasting 20 minutes and starting 25 minutes after fertilization) proved to be very efficient, as it resulted in triploidy induction in 90 % of the eggs treated.

2. The confirmation of triploidy by measurement of the nuclear volume of the erytrocytes gave identical results to those of cariotype determination in the embryos, which indicates that it is an appropriate technic to estimate the percentage of triploidy induction.

3. During the embryonic development period and feeding adaptation period, the mortality of the triploids was higher than that of the diploids.

4. During embryogenesis there were no significant differences between diploids and triploids on nitrogen and energy metabolism.

5. Oxygen consumption and ammonia excretion by the embryos were directely related to temperature, whereas urea excretion seemed to be independent of temperature.

6. Temperature seems to exert an important effect in the metabolic utilization of the endogenous energy reserves. Within the thermal range tested (5 to 12 °C) the protein energy expenditure decreased, as a percentage of total energy expenditure, with a rise of temperature.

7. At the constant temperature of 12 °C, the protein energy contribution to total energy metabolism decreased during the embryonic development but it increased again by the time of complete yolk absorption, possibly due to the depletion of the other energy sources.

According to these observations, it seems to be advisable to start the exogenous feeding before the complete absorption of the yolk sac.

8. In fry, growth and food utilization by the triploids were worse than in the diploids.

9. In juveniles, more precisely in their first and second years of life, the growth and food utilization of diploids

and triploids were not very different, although in diploids were slightly better than in triploids.

10. Towards the end of the sexual maturation period and during the spawning period, diploid males continuously lost weight while diploid females continued to grow, although by the time of spawning their average weight has decreased due to the release of the sexual products.

In the same period, both triploid males and females continued to grow, but the growth rate of the females was higher than that of the males.

11. In triploid females the gonads did not develop. One month before the spawning season, they were no more than a small filament weighing, in average, 0,2 % of their body weight, while in diploid females the gonads were well developed and their average weight was 11,2 % of their body weight.

12. Although functionally sterile, triploid males developed gonads which had an weight identical to those of diploid males.

13. During the sexual maturation period triploid males developed the usual secondary sexual characteristics while triploid females kept their juvenile phenotype.

14. In sexual resting adults, during the third year of life, growth and food utilization of triploids were better

than in diploids. The growth of females was identical in both ploidies. The growth of triploid males was also identical to that of females and significantly higher than that of diploid males, which had the worst growth performance.

15. The evaluation of the apparent digestibility of protein and energy in juveniles and adults showed that there was no significant difference between diploid and triploid trouts.

16. At the metabolic level the differences between the two ploidies in respiratory and nitrogen metabolism of starving fry and juveniles were not very important.

In juveniles, there were no significant differences between the two ploidies on the metabolic utilization of the diets.

17. The comparative evaluation of the metabolic utilization of the diets by conventional triploids, obtained by a heat shock treatment, and triploids obtained by matting tetraploid males with diploid females, showed that there were no significant differences between them.

18. From an economical point of view it does not seem to be advisable the use of triploid rainbow trout in fish farms where the production cycle is completed before the onset of sexual maturation.

However, when the production cycle overpasses the sexual maturation period, the use of triploid trout seems to

became advantageous.

In this case, production can be optimized if triploid female monosex populations are used, as triploid females seem to behave always as juveniles: their growth rate was not affected as a consequence of sexual maturation, their gonads didn't develop, and they kept their juvenile phenotype during the ordinary spawning period.

Based on the results of the effects of the dietary protein/energy ratio obtained in this work we can infer the following conclusions:

19. In diets of identical gross energy content, the substitution of crude starch by gelatinized starch, which is more digestible, does not seem to affect the growth of rainbow trout.

However, the trout fed the diet including gelatinized starch ate less and consequently used food more efficiently.

20. The incorporation of more digestible carbohidrates in the diet contributed to spare some of the protein used to cover the energetic needs of the trout. It has also been showed that this effect was not only due to the increase of the digestible energy content of the diet but also to the reduction of the urinary and branquial ammonia nitrogen excretion.

21. In isoenergetic diets including high levels of gelatinized starch, the reduction of their protein content from 40 % to 30 %, and a simultaneous increase of the lipid content from 11 % to 19 %, negatively affected the growth and food utilization of rainbow trout fry and juveniles.

This diet had a digestible protein/digestible energy content of 14,3 mg/KJ, a value which does not seem to be adequate for rainbow trout.

22. If the most rational protein utilization of the diets is considered, the optimum protein/energy ratio in the diets for rainbow trout does not seem to be affected by the weight of the trout, at least in the weight range comprised between 0,4 and 200 g.

23. In this weight range, the protein and energy requirements of rainbow trout were satisfied with a diet including 28 % of protein and a digestible protein/digestible energy ratio of 16,5 mg/KJ, the lowest value that we have tested.

24. At the metabolic level, within the experimental limits tested, the better dietary utilization of the diets with a lower protein/energy ratio was essentially due to the lower urinary and branquial ammonia losses and the lower specific dynamic action in the trout fed those diets.

25. The daily patterns of post-prandial ammonia excretion had been affected by the protein inclusion level of the diets, and this indicates that there was a physiological modification of the protein metabolism in the trout submitted to a restrictive protein intake.

26. From a practical point of view we think that it will be possible to reduce to 28 % the digestible protein inclusion level of diets with a digestible energy content of 16-17 KJ/g, without changing the growth and food utilization of rainbow trout.

The increase of the digestible energy content of the diets, achieved by the inclusion of more digestible carbohidrates, seems to contribute to a more efficient utilization of the diets by rainbow trout, as well as to spare some of the protein used for energy purposes.

Beyond the economical advantages of these results, their ecological advantages should also be considered. By applying these results to dietary formulation we can contribute to reduce the organic pollution of the water caused by the effluents of the fish farms, as there will be a reduction of the solid dejects and the nitrogenous excretion of the trout.

14. BIBLIOGRAFIA

ACKEFORS, H.; MUNROE, A.; MULLER, F.; QUERELLOU, J., 1986. Development of Aquaculture in Europe. Fifteenth FAO Regional Conference for Europe, Istambul, Turkey, 28 April - 2 May, 31pp.

AKSNES, A.; GJERDE, B.; ROALD, S.O., 1986. Biological, chemical and organoleptic changes during maturation of farmed atlantic salmon, Salmo salar. Aquaculture, 53:7-20.

ALLEN, S. K. & STANLEY, J. E., 1978. Reproductive sterility in polyploid brook trout Salvelinus fontinalis. Trans. Amer.Fish. Soc., 107:473-478.

ALLEN, S. K. & STANLEY, J. E., 1979. Polyploid mosaics induced by cytochalasin B in landlocked atlantic salmon (Salmo salar). Trans. Am. Fish. Soc., 108:462-466.

ALMEIDA, V. M., 1986. Induction of triploidy by heat shock in rainbow trout. Publ. Inst. Zool. Fac. Ciências Porto, 193, 7p.

AMINOT, P. & KEROUEL, R., 1982. Dosage automatic de l'urée dans l'eau de mer: une méthode très sensible à la Diacétylmonoxime. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39:174-183.

ANDREWS, J. W.; MURAI, T.; PAGE, J. W., 1972. Studies on the brackish water culture of rainbow trout at southern locations. Proc. Foods and Druggs Sea Conference. Univ. Rhode Island, 11 pp.

ARAI, K. & WILKINS, N. P., 1987. Triploidization of brown trout (Salmo trutta) by heat shocks. Aquaculture, 64:97-103.

ATHERTON, W. D. & AITKEN, A., 1970. Growth, nitrogen metabolism and fat metabolism in Salmo gairdneri, RICH. Comp. Bioch. Physiol., 36:719-747.

AUSTRENG, E., 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. Aquaculture, 13:265-272.

AUSTRENG E. & REFSTIE, T., 1979. Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. Aquaculture, 18:145-156.

AUSTRENG, E.; RISA, S.; EDWARDS, D. J.; HVIDSTEN, H., 1977. Carbohydrate in rainbow trout diets. II.Influence of carbohydrate levels on chemical composition and feed utilization of fish from different families. Aquaculture, 11:39-50.

BAILEY, J. E.; RICE, S. D.; PELLA, J. J.; TAYLOR, S. G., 1980. Effects of seeding density of pink salmon Oncorhynchus gorbusha, eggs on water chemistry, fry characteristics, and fry survival in gravel incubators. Fish. Bull., 78:649-658.

BEAMISH, F. W. H. & MEADLAND, T. E., 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout, Salmo gairdneri. Aquaculture, 55:35-42.

BEAMISH, F. W. H. & THOMAS, E., 1984. Effects of dietary protein and lipid on nitrogen losses in rainbow trout, Salmo gairdneri. Aquaculture, 41:359-371.

BENFEY, T. J. & SUTTERLIN, A. M., 1984a. Triploidy induced by heat shock and hydrostatic pressure in landlocked atlantic salmon (Salmo salar L.). Aquaculture, 36:359-367.

BENFEY, T. J. & SUTTERLIN, A. M., 1984b. Growth and gonadal development in triploid landlocked atlantic salmon (Salmo salar). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41:1387-1392.

BENFEY, T. J. & SUTTERLIN, A. M., 1984c. Oxygen utilization by triploid landlocked atlantic salmon (Salmo salar L.). Aquaculture, 42:69-73.

BENFEY, T. J. & SUTTERLIN, A. M., 1984d. The haematology of triploid landlocked atlantic salmon, Salmo salar L. J. Fish Biol., 24:333-338.

BENFEY, T. J.; SUTTERLIN, A. M.; THOMPSON, R. J., 1984 . Use of erythrocyte measurements to identify triploid salmonids. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41:980-984.

BERGOT , F., 1979a. Carbohydrate in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. Aquaculture, 18:157-167.

BERGOT, F., 1979b. Problèmes particuliers posés par l'utilization des glucides chez la truite arc-en-ciel. Ann. Nutr. Alim., 33:247-257.

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.

BILLARD, R., 1974. L'insémination artificialle chez la truite Salmo gairdneri RICHARDSON. 4. Effect des ions K et Na sur la conservation de la fertilité des gametes. Bull.

Fr. Pisc., 256:88-100.

BIRKETT, L., 1969. The nitrogen balance in plaice, sole and perch. J. Exp. Biol., 50:375-388.

BLANK, J. M.; CHOURROUT, D.; KRIEG, F., 1987. Evaluation of juvenile rainbow trout survival and growth in half-sib families from diploid and tetraploid sires. Aquaculture, 65:215-220.

BLAXTER, J. H. S., 1969. Development: eggs and larvae. In: Fish Physiology, Vol.3:177-252. Ed. Hoar, W. S.; Randall, D. J. & Brett, J. R. Academic Press, New York.

BOEUF, G. & HARACHE, Y., 1984. Salmonid marine rearing in France. World Maricul. Soc., 15:248-253.

BOULEKBACHE, H., 1981. Energy metabolism in fish development. Amer. Zool., 21:377-389.

BRAATEN, B. R., 1979. Bioenergetics - A review on methodology. In: Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol.2: 461-504. Ed. Halver, J. E. & Tiews, K. Heeneman, Berlim.

BRAFIELD, A. E., 1985. Laboratory studies of energy budgets. In: Fish Energetics: New Perspectives, p:257-281. Ed. Tytler P. & Calow, P. Croom Helm, London & Sidney.

BRETT, J. R. & GLASS, N. R., 1973. Metabolic rates and critical swiming speeds of sockeye salmon (Onchorhynchus nerka) in relation to size and temperature. J. Fish. Res. Bd. Can., 30:379-387.

BRETT, J. R. & GROVES, T. D. D., 1979. Physiological Energetics. In: Fish Physiology, Vol. 8:279-350. Ed. Hoar, W. S.; Randall, D. J. & Brett, J. R.. Academic Press.

BRETT, J. R. & ZALA, C. A., 1975. Daily pattern of nitrogen excretion and oxygen consumption of sockeye salmon (Onchorhynchus nerka) under controlled conditions. J. Fish. Res. Bd. Can., 32:2479-2486.

BRICOUT, J. P., 1983. Comparaison du comportement alimentaire d'individus diploides et triploides chez la truite arc-en-ciel. Mémoire de Stage. Institut Supérieur d'Agriculture Beauvais.

BROWN, E. C., 1977. Portugal. In: World Fish Farming Cultivation and Economics, pp. 209-210. AVI Publishing Company Inc., West Point, Connecticut.

BHULLER, D. & HALVER, J. E., 1961. Nutrition of salmonoid fishes. Carbohydrate requirements of chinook salmon. J. Nutr., 74:307-318.

CASTELL, J. D. & TIEWS, K., 1980. Report of the EIFAC, IUNS and ICES working group on standardization of metodology in fish nutrition research. EIFAC Tech. Pap. nº 36, 24p.

CETTA, C. M.; CAPUZZO, J. M., 1982. Physiological aspects of embrionic and larval development of the winter flounder Pseudopleuronectes americanus. Mar. Biol.,71:327-337.

CHEVASSUS, B., 1985. Developpements recents concernant la genetique des salmonidés et leurs applications en aquaculture. 3º Symp. Franco-Japonais sur l'Aquaculture, Marseille, 20 Sept. 1985, 8 p.

CHEVASSUS, B., 1986. Characteristiques et perfomances des lignées uniparentales et des polyploides chez les poissons d'eau douce. EIFAC/FAO Symposium on Selection Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and

Shellfish for Consumption and Stocking, Bordeaux, 27-30 May, 29 p.

CHEVASSUS, B.; QUILLET, E.; CHOURROUT, D., 1983. Note technique: obtention d'animaux triploides chez la truite arc-en--ciel. Bull. Fr. Piscic., 290:161-164.

CHEVASSUS, B.; QUILLET, E.; CHOURROUT, D., 1984. La production de truites stériles par voie genétique. La Piscic. Française, 78:10-19.

CHO, C. Y., 1982. Effects of dietary protein and lipid levels on energy metabolism of rainbow trout (Salmo gairdneri). In: Energy Metabolism on Farm Animals. Proc. 3th. Symp. pp.176-179. Ed. EKERN, SUNDSTØ. Norway.

CHO, C. Y., 1986. Effects of water temperature on requirements and digestabilities of protein and energy in rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 3rd. International Biennal Exhibition on Fish Farming Techniques, Equipment and Products. 9-12 Oct., Verona, Italy.

CHO, C. Y. & KAUSHIK, S. J., 1985. Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: Fish Feeding and Nutrition. Ed. Cowey, C. B.; Mackie, A. M., Bell, J. G.. Academic Press.

CHO, C. Y. & SLINGER, S. J., 1978. Effect of ambient temperature on the protein requirements of rainbow trout and on the fatty acid composition of gill phospholipids. In: 1977 Annual Report, Fish Nutrition Laboratory, Univ. of Guelph, p.24-35.

CHO, C. Y. & SLINGER, S. J., 1979a. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: Finfish Nu-

trition and Fish Feed Technology Vol.2 p:239-247. Ed. Halver, J. E. & Tiews, K. Heeneman, Berlim.

CHO, C. Y. & SLINGER, S. J., 1979b. Effect of water temperature on energy utilization in rainbow trout (Salmo gairdneri) In: Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism, p. 287-291. Ed. Mount, L.E.; Butterworth, London.

CHO, L. Y.; BAYLEY, H. S.; SLINGER, S.J., 1976a. Energy metabolism in growing rainbow trout: partition of dietary energy in high protein and high fat diets. In: Proc. 7th Symp. on Energy Metabolism, p. 299-302. Ed. Vermorel. M. Vichy, France.

CHO, C. Y.; SLINGER, S. J.; BAYLEY, H. S., 1976b. Influence of level and tipe of dietary protein, and of level of feeding on feed utilization by rainbow trout. J. Nutr., 106:1547-1556.

CHO, C. Y.; SLINGER, S. J.; BAYLEY, H. S., 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. Comp. Biochem. Physiol., 73:25-41.

CHO, C. Y.; COWEY, C. B.; WATANABE, T., 1985. Methodological approaches to research and development. In: Finfish Nutrition in Asia. p.9-80. Ed. Cho, C. Y.; Cowey, C. B., Watanabe, T.. Ottawa, Ontario, IDRC, 1985.

CHOUBERT, G. & BLANC, J. M., 1985. Flesh colour of diploid and triploid rainbow trout (Salmo gairdneri RICH.) fed canthaxanthin. Aquaculture, 47:299-304.

CHOURROUT, D., 1980. Thermal induction of diploid gynogenesis and triploidy in the eggs of the rainbow trout, Salmo gairdneri R. Reprod. Nutr. Dévelop.,20:727-733.

CHOURROUT, D., 1986. Genetic manipulation in fish: review of methods. EIFAC/FAO Symposium on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and Shellfish for Consumption and Stocking, Bordeaux, 27-30 May, 26p.

CHOURROUT, D. & QUILLET, E., 1982. Induced gynogenesis in the rainbow trout: sex and survival of progenies. Production of all-triploid populations. Theor. Appl. Genet., 63: 201-205.

CHOURROUT, D.; CHEVASSUS, B.; KRIEG, F.; HAPPE, A.; BURGER, G.; RENARD, P., 1986. Production of second generation triploid and tetraploid rainbow trout by matting tetraploid males and diploid females - potential of tetraploid fish. Theor. Appl. Genet., 72:193-206.

COWEY, C. B., 1979. Protein and amino acid requirements of finfish. In: Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol.I p.3-16. Ed. Halver, J. E. & Tiews, K. Heenemann. Berlin.

COWEY, C. B., 1980. Protein metabolism in fish. In: Protein Deposition in Animals p: 271-288. Ed. Buttery, P. J.; Lindsay, D. B. Butterworths, London.

COWEY, C. B. & LUQUET, P., 1983. Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical Analysis of Allowances. In: Protein Metabolism and Nutrition, Vol.1:365-384, I.N.R.A., France.

COWEY, C. B. & SARGENT, J. R., (1979). Nutrition. In: Fish Physiology, Vol.8:1-69. Ed. Hoar, W. S.; Randall, D. J. & Brett, J. R. Academic Press, New York.

COWEY, C. B.; MACKIE, A. M.; BELL, J. G., (ed.) 1985. Nutrition and feeding in fish. Academic Press, London, 489p.

CUELLAR, O. & UYENO, Y., 1972. Triploidy in rainbow trout. Cytogenetics, 11:508-515.

DABROWSKI, K. R., 1986. Ontogenetical aspects of nutritional requirements in fish. Comp. Biochem. Physiol., 85A:639-655.

DABROWSKI, K. & KAUSHIK, S. J., 1986. Utilization of endogenous reserves during embryonic development and larval life of sturgeon, Acipenser baeri BRANDT (Chondrostei). Zool. Anz., 216:367-380.

DABROWSKI, K. & LUCZYNSKI, M., 1984. Utilization of body stores in embryonated ova and larvae of two coregonid species (Coregonus lavaretus L. and C. albula L.). Comp. Biochem. Physiol., 79A:329-334.

DABROWSKI, K.; KAUSHIK, S. J.; LUQUET, P., 1984. Metabolic utilization of body stores during the early life of whitefish, Coregonus lavaretus L. J. Fish. Biol., 24:721-729.

DAVENPORT, J.; LØNNING, S.; KJØRSVIK, E., 1983. Ammonia output by eggs and larvae of the Lumpsucker, Cyclopterus lumpus, the cod, Gadus morhua and the plaice, Pleuronectes platessa. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 63:713-723.

DE LA HIGUERA, M.; MURILLO, A.; VARELA, G.; ZAMORA, S., 1977. The influence of high dietary fat levels on protein utilization by the trout (Salmo gairdneri). Comp. Biochem. Physiol., 56A:37-41.

DELONG, D.; HALVER, J. C.; MERTZ, E. T., 1958. Nutrition of salmonoid fishes. VI. Protein requirements of chinook

salmon at two water temperatures. J. Nutr., 65:589-599.

DÉPÊCHE, J.; GILLES, R.; DAUFRESNE, S.; CHIAPELLO, H., 1979. Urea content and urea production via the ornithine-urea cycle pathway during the ontogenic development of two teleost fishes. Comp. Biochem. Physiol., 63A:51-56.

DONALDSON, E. M. & HUNTER, G. A., 1982. Sex control in fish with particular reference to salmonids. Can. J. Aquat. Sci., 39:99-110.

DUNCAN, D. B., 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11:1-42.

DURBIN, E. G. & DURBIN, A. G., 1981. Assimilation efficiency and nitrogen excretion of a filter-feeding planctivore, the atlantic menhaden, Brevoortia tyrannus (Pisces: Clupeidae). Fish. Bull., 601-616.

EDWARDS, D. J., 1978. Salmon and trout farming in Norway. Fishing News Books, England, 193pp.

EIFAC, 1971. Salmon and trout feeds and feeding. EIFAC Tech. Pap. nº12, 29p.

ELLIOTT, J. M., 1976a. Energy losses in the waste products of brown trout (Salmo trutta L.). J. Anim. Ecol., 45:561--580.

ELLIOT, J. M., 1978b. The energetics of feeding, metabolism and growth of brown trout (Salmo trutta L.) in relation to body weight, water temperature and ration size. J. Anim. Ecol.,45:923-948.

ELLIOT, J. M., 1979. Energetics of freshwater teleosts. Symp. Zool. Soc. Lond., 44:29-61.

ELLIOT, J. M. & DAVISON, W., 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. Oecologia, 19:195-201.

FAGERLUND, V. H. M.; HIGGS, D. A.; MCBRIDE, J. R.; PLOTNICOFF, M. D.; DOSANJH, B. S.; MARKERT, J. R., 1983. Implications of varying dietary protein, lipids and 17 α - methyltestosterone content on growth and utilization of protein and energy in juvenile coho salmon. Aquaculture, 30:109-124.

FAO, 1976. Report of the technical conference on aquaculture, Kyoto, Japan, 26 May - 2 June, 1976. FAO Fish. Rep., 188; 93p.

FAO, 1985. Étude de méthodologies pour la prévision du développement de l'Aquaculture. FAO Doc. Tech., 248; 55p.

FAUCONNEAU, B.; AGUIRRE, P.; BERGOT, P., 1986a. Protein synthesis in early life of coregonids: influence of temperature and feeding. Arch. Hydrobiol. Beih., 22:171-188.

FAUCONNEAU, B.; KAUSHIK, S. J. & BLANC, J. M., 1986. Utilisation de différents substracts énérgetiques chez la truite: influence de la ploidie. In: Proc. of Diabete et Metabolisme, 12:111-112.

FAUCONNEAU, B.; AGUIRRE, P.; BLANC, J. M., 1988. Protein metabolism in rainbow trout (Salmo gairdneri R.) during sexual maturation. Influence of triploidy. J. Fish. Biol., in press.

FAURE, A., 1987. Effect des techniques d'elevage sur les characteristiques du produit et de l'aptitude de la truite arc-en-ciel à la transformation. La Piscic. Franc., 86: 44-47.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226:497-509.

FORSTER, R. P. & GOLDSTEIN, L., 1969. Formation of excretory products. In: Fish Physiology, Vol.1:313-350. Hoar, W. S., Randall, D. J. Academic Press.

FROM, J. & RASMUSSEN, G., 1984. A growth model, gastric evacuation and body composition in rainbow trout Salmo gairdneri RICHARDSON, 1836. Dana, 3:61-139.

FROMM, P. O., 1963. Studies on renal and extra-renal excretion in a freshwater teleost, Salmo gairdneri. Comp. Biochem. Physiol., 10:121-128.

FRY, F. E. J., 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: Fish Physiology, Vol. 6:1-98. Hoar, W. S., Randall, D. J. Academic Press.

FURUKAWA, A. & TSUKAHARA, H., 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 32:502-506.

GARCIA, M.; ZAMORA, S.; LOPES, M. A., 1981. The influence of partial replacement of protein by fat in the diet on protein utilization by the rainbow trout (Salmo gairdneri). Comp. Bioch. Physiol., 68 B:457-460.

GARLING, D. L. & WILSON, R. P., 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, Ictalurus puntactus. J. Nutr., 106:1368-1375.

GERVAI, J.; PETER, S.; NAGY, L.; HORVATH, L.; CSANYI, V., 1980. Induced triplody in carp, Cyprinus carpio L.. J. Fish. Biol., 17: 667-671.

GOUVEIA, A. J. R., 1986. The use of animal by-products available in Portugal in diet formulations for rainbow trout. PHD Thesis, University of Stirling, 384p.

GULBRANDSEN, K. E. & UTNE, F., 1977. The protein requirement on energy basis for rainbow trout (Salmo gairdneri). Dir. Skr. Ser. Ernaering, 1:75-85.

HALVER, J. E., (ed) 1972. Fish Nutrition. Academic Press, 713pp.

HALVER, J. E., 1985. Some recent advances in fish nutrition. NATO Workshop on fish nutrition. Lisbon, Jan. 28-31, 19p.

HALVER, J. E & TIEWS, K., (ed.) 1979. Finfish nutrition and fish feed technology, Vol. I 593 p.; Vol. II 622 p. Heeneman, Berlin.

HAMOR, T. & GARSIDE, E. T., 1979. Hourly and total oxygen consumption by ova of atlantic salmon Salmo salar L., during embryogenesis, at two temperatures and three levels of dissolved oxygen. Can. J. Zool., 57:1196-1200.

HAPPE, A., 1983. Perfomances comparées de survie et de croissance précoce de lignées diploides et triploides de truite arc-en-ciel (Salmo gairdneri RICHARDSON). Identification des genotipes. Memoire de Fin d'Études. Institute Supérieur d'Agriculture, Lille.

HARACHE, Y. & FAURE, A., 1987. L'élevage de truites arc-en-ciel en eau de mer. Piscic. Française, 86:38-43.

HAYES, F. R., 1949. The growth, general chemistry, and temperature relations of salmonid eggs. The Quaterly Review of Biology, 24:281-308.

HAYES, F. R.; WILMOT, I. R.; LIVINGSTONE, D. A., 1951. The oxygen consumption of the salmon egg in relation to development and activity. J. Exp. Zool., 116:377-395.

HENKEN, A. M.; MACHEELS, M. A. M; DEKKER, W.; HOGENDOORN, H., 1986. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the african catfish Clarias gariepinus (BURCKELL)., 1822). Aquaculture, 58:55-74.

HILTON, J. W. & SLINGER, S. J., 1983. Effect of wheat bran replacement of wheat middlings in extrusion processed (floating) diets on the growth of juvenile rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 35:201-210.

HILTON, J. W.; CHO, C. Y.; SLINGER, S. J., 1981. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and the physiological response of rainbow trout (Salmo gairdneri), R.). Aquaculture, 25:185-194.

HOAR, W. S., 1983. General and compararive physiology. Prentice-Hall Inc., London, 851p.

HOGAN, D. L.; KRAEMER, K. L.; ISENBERG, J. I., 1982. The use of high-performance liquid chromatography for quantitation of plasma amino acids in man. Analitical Bioch., 127:17-24.

HUET, M., 1983. Tratado de Piscicultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 753p.

HUISMAN, E. A., 1976. Food conversion efficiencies at maintenance, and production levels for carp, Cyprinus carpio L., and rainbow trout, Salmo gairdneri RICHARDSON. Aquaculture, 9:259-273.

IWATA, K., 1970. Relationship between food and growth in young crucian carps, Carassius auratus CUVIER, as determined by the nitrogen balance. Jap. J. Limnol., 31:129-151.

JAOUL, A.; ROUBAUD, P., 1982. Résistence de l'oeuf de carpe commune Cyprinus carpio L. CYPRINIDAE à des chocs thermiques chauds ou froids. Can. J. Zool.:60:3409-3419.

JAUNCEY, K., 1982. Carp (Cyprinus carpio L.) nutrition. A review. In: Recent advances in aquaculture, 215-263. Ed. Muir, J.T.; Roberts, R. J. Croom Helm. London.

JEZIERSKA, B.; HAZEL, J. R.; GERKING, S. D., 1982. Lipid mobilization during starvation in the rainbow trout, Salmo gairdneri RICHARDSON, with attention to fatty acids. J. Fish. Biol., 21:681-692.

JOBLING, M,. 1983. A short review and critique of methodology used in fish growth and nutrition studies. J. Fish. Biol., 23:685-703.

JOBLING, M. & DAVIES, P. S., 1980. Effects of feeding on metabolic rate, and the specific dynamic action of plaice, Pleuronectes platessa L.. J. Fish. Biol., 16: 629-638.

JOHNSTONE, R., 1985. Induction of triploidy in atlantic salmon by heat shock. Aquaculture, 49:133-139.

KAMLER, E., 1976. Variability of respiration and body composition during early developmental stages of carp. Pol. Arch. Hydrobiol., 23:431-485.

KAMLER, E. & KATO, T., 1983. Efficiency of yolk utilization by Salmo gairdneri in relation to incubation temperature and egg size. Pol. Arch. Hydrobiol., 30:271-306.

KAUSHIK, S. J., 1980. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp (Cyprinus carpio L.) and the rainbow trout Salmo gairdneri R.). Reprod. Nutr. Dévelop., 20:1751-1765.

KAUSHIK, S. J., 1981. Influence of a rise in temperature on the nitrogen excretion of rainbow trout (Salmo gairdneri R.). In: Proc. World. Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems, Vol.I. p.77-89. Ed. Tiews, K., Heenemann, Berlin.

KAUSHIK, S., 1987. Approche Nutritionelle des problemes d'élevage des salmonidés en eau froide. Réunion Annuelle de l'Association Aquicole du Canada. 29 Avril - 1 Mai, Québec. pp.12.

KAUSHIK, S. & LUQUET, P. 1977. Endogenous nitrogen loss from the muscle of rainbow trout starved in fresh water and seawater. Ann. Hydrobiol., 8:129-134.

KAUSHIK, S. J. & LUQUET, P., 1984. Relationship between protein intake and voluntary energy intake as affected by body weight with an estimation of maintenance needs in rainbow trout. Z. Tierphysiol., Tierernahrg U. Futtermittelkde, 51:57-69.

KAUSHIK, S. J.; LUQUET, P.; BLANC, D., 1981. Usefulness of feeding protein and non-protein calories apart in studies on energy-protein interrelationships in rainbow trout. Ann. Zootech., 30:3-11.

KAUSHIK, S. J.; DABROWSKI, K.; LUQUET, P., 1982. Patterns of nitrogen and oxygen consumption during ontogenesis of common carp (Cyprinus carpio). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39:1095-1105.

KIMATA, M., 1982. Changes of chemical composition during early development of egg and larva in the half beach Hemiramphus sajori (Temminck et Schlegel). Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48:1663-1671.

KIMATA, M., 1983. Changes of chemical composition during early development in the red sea bream Chrysophrys major (Temminck et Schlegel) egg and larva. J. Fac. Mar. Sci. Technol., Tokai Univ., 16:213-223.

KISSIL, G. W.; MEYERS, S. P.; STICKNEY, R. R.; GROPP., J., 1983. Protein: energy ratios in the feed of the gilthead bream (Sparus aurata). World Maricult. Soc. Spe. Publ., 3:145--152.

KNIGHTS, B., 1985. Energetics and fish farming. In: Fish Energetics: New Perspectives: 309-340. Ed. Tytler, P. & Calow, P. Croom Helm, London & Sidney.

KOWTAL, G. V. & CHERR, G. N., 1986. Preliminary experiments in induction of polyploidy, gynogenesis and androgenesis in the white sturgeon, Acipenser transmontanus RICHARDSON. EIFAC/FAO Symposium on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and Shell-

fish for Consumption and Stocking, Bordeaux, 27-30 May.

KUTTY, M. N., 1978. Ammonia quocient in sockeye salmon (Oncorhynchus nerka). J. Fish. Res. Bd. Can., 35:1003-1005.

LALL, S. P.; BISHOP, F. J., 1979. Studies on the nutrient requirements of rainbow trout Salmo gairdneri, grown in sea water and fresh water. In: Advances in Aquaculture, p. 580-584. Ed. Pillay, T. V. R. & Dill, W. A. Fishing News Books, England.

LEE, D. J. & PUTNAM, C. B., 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J. Nutr., 103:916-921.

LEGROW, S. M. & BEAMISH, F. W. H., 1986. Influence of dietary protein and lipid on apparent heat increment of rainbow trout, Salmo gairdneri. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43: 19-25.

LINCOLN, R. F., 1981. Sexual maturation in female triploid plaice, Pleronectes platessa, and plaice x flounder, Platichthys flesus, hybrids. J. Fish. Biol., 19:499-507.

LINCOLN, R. F. & HARDIMAN, P. A., 1982. The production and growth of female diploid and triploid rainbow trout. Symposium on Genetics in Aquaculture. Univ. College.Galway,Irland, 29 March - 2 April.

LINCOLN, R. F. & SCOTT, A. P., 1983. Production of all female triploid rainbow trout. Aquaculture, 30:375-380.

LINCOLN, R. F. & SCOTT, A. P., 1984. Sexual maturation in triploid rainbow trout Salmo gairdneri, RICHARDSON. J. Fish. Biol., 25:385-392.

LUQUET, P., 1971. Efficacité des protéines en relation avec leur taux d'incorporation dans l'alimentation de la truite arc-en-ciel. Ann. Hydrobiol., 2:175-186.

LUQUET, P., 1981. L'alimentation du poisson et le rôle du poisson dans l'alimentation humaine. Academie d'Agriculture de France, Séance du 4/11/81, pp. 1312-1326.

LUQUET, P. & FAUCONNEAU, B., 1979. Influence de la température sur quelques aspects de l'alimentation des poissons. Bull. Cent. Etud. Rech. Sci. Biarritz, 12:475-492.

LUQUET, P. & KAUSHIK, S., 1978. Progrés récent dans le domaine de l'alimentation protéique des salmonidés: épargne des proteines et matières premières de substituition à la farine de poisson. La Pisciculture Française, 53-54:14--19.

LUQUET, P. & KAUSHIK, S. J., 1979. Besoins en protéines et en acides aminés. In: Actes du Colloque C.N.E.R.N.A.,p.171--184. Ed. Fontaine, M.. C.N.R.S., France.

MEDALE, F.; PARENT, J. P.; VELLAS, F., 1985. Effet d'une réduction de l'oxygénation de l'eau sur l'excrétion d'ammoniaque chez la truite arc-en-ciel (Salmo gairdneri RICH.). Rev. Fr. Sciences de l'Eau, 4:341-347.

MEDLAND, T. E. & BEAMISH, F. W. H., 1985. The influence of diet and fish density on apparent heat increment in rainbow trout, Salmo gairdneri. Aquaculture, 47:1-10.

MILLIKIN, M. R., 1982. Qualitative and quantitative nutrient requirements of fishes: a review. Fish. Bull., 80:655--686.

MING, F. W., 1985. Ammonia excretion rate as an index for comparing efficiency of dietary protein utilization among rainbow trout (Salmo gairdneri) of different strains. Aquaculture, 46:27-35.

MOLLER, D.; NAEVDAL, G.; HOLM, M.; LEROY, R., 1979. Variation in growth rate and age at sexual maturity in rainbow trout. In: Advances in aquaculture, p:622-626. Ed. Pillay, T. V. R., & Dill, W. A. Fishing News books, England.

MULLER-FEUGA, A.; PETIT, J.; SABAUT, J. J., 1978. The influence of temperature and wet weight on the oxygen demand of rainbow trout (Salmo gairdneri R.) in fresh water. Aquaculture, 14:355-363.

MUNRO, H. N. & FLECK, A., 1969. Analysis for nitrogen constituints. In: Mammalian Protein Meals vol.8:435-437. Ed. Munro, H. N. Academic Press, London.

NAGY, A., 1986. Genetic manipulations. Performance of warmwater fish. EIFAC/FAO Symposium on Sellection, Hibridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and Shellfish for Consumption and Stocking. Bordeaux, 27--30 May.

NOSE, T., 1961. Determination of nutritive value of food protein on fish - I. On the determination of food protein utilization by carcass analysis. Bull. Fresh. Fish. Res. Lab, 11:29-42.

NOSE, T., 1979. Diets composition and feeding techniques in fish culture with complete diets. In: Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. I, p.283-296. Ed. Halver, J. E.; Tiews, k.. Hennemann, Berlin.

N. R. C.(National Research Council), 1981. Nutrient requirements of coldwater fishes. National Academy Press, Washington, 63p.

N. R. C.(National Research Council), 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes. National Academy Press, Washington, 102p.

OGATA, H. & KONNO, S., 1986. Growth response and smolt production of 1 year cherry salmon fed with diets having different protein and lipid levels. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52:313-318.

OGINO, C., 1980. Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids. Bull. Jap. Sci. Fish., 48:171--174.

OGINO, C.; KAWASAKY, H.; NANRI, H., 1980. Method for the determination of nitrogen retained in the fish body by the caracass analysis. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46:105-108.

OLSON, K. R. & FROMM, P. O., 1971. Excretion of urea by two teleosts exposed to different concentrations of ambient ammonia. Comp. Biochem. Physiol. 40 A:999-1007.

PAULSON, L. J., 1980. Models of ammonia excretion for brook trout (Salvelinus fontinalis) and rainbow trout (Salmo gairdneri). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37:1421-1425.

PHILLIPSON, J., 1964. A miniature bomb calorimetry for small biological samples. Oikos, 15:130-139.

PHILLIPS, A. M. & BROCKWAY, D. R., 1956. The nutrition of trout. II. Protein and carbohydrate. Prog. Fish. Cult. 18:159--164.

PIEPER, A. & PFEFFER, E., 1979. Carbohydrates as possible sources of dietary energy for rainbow trout (Salmo gairdneri, RICHARDSON). In: Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, vol.I:209-219. Ed. Halver, J. E.; Tiews, K., Heenemann, Berlin.

PIEPER, A. & PFEFFER, E., 1980 a. Studies on the comparative efficiency of utilization of gross energy from some carbohydrates, proteins and fats by rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Aquaculture, 20:323-332.

PIEPER, A. & PFEFFER, E., 1980 b. 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.

PILLAY, T. V. R. 1979. The state of aquaculture 1976. In: Advances in aquaculture. Ed. Pillay, T. V. R. & Dill, W. A. Fishing News Books, England, pp. 1-10.

PILLAY, T. V. R., 1981. State of aquaculture 1981. In: Reviews, World Conference on Aquaculture, EMS/WMS, Venice, Italy, 1981.

POSSOMPES, B. P., 1973. Influence de la temperature sur les bésoins en protéines, le transite alimentaire et la digestibilité chez la truite arc-en-ciel Salmo gairdneri RICHARDSON. Thèse, Univ. Paris VI.

QUILLET, E., 1986. Contribution à l'étude de la triploidie induite chez les salmonides: Conséquences sur les caracteristiques zootechniques. These de Docteur Ingénieur, INA, Paris-Grigon, Doc. Ing. Sc. Agronomique.

QUILLET, E.; CHEVASSUS, B.; KRIEG, F., 1986. Caracterisation des perfomances de salmonidés auto et allotriploides pour l'élevage en mer. EIFAC/FAO Symposium on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and Shellfish for Consumption and Stocking. Bordeaux, 27-30 May.

REFSTIE, T., 1981. Tetraploid rainbow trout produced by cytochalasin B. Aquaculture, 25:51-58.

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.

REINITZ, G., 1983 a. Relative effect of age, diet, and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 35:19-27.

REINITZ, G., 1983 b. Influence of diet and feeding rate on the performance and production cost of rainbow trout. Trans. Amer. Fish. Soc., 112:830-833.

REINITZ, G. & HITZEL, F., 1980. Formulation of practical diets for rainbow trout based on desired performance and body composition. Aquaculture, 19:243-252.

REINITZ, G. L.; ORME, L. E.; LEMM, C. A.; HITZEL, F. N., 1978. Influence of varying lipid concentration in diets for rainbow trout (Salmo gairdneri).Trans. Amer. Fish. Soc., 107:751-754.

RICE, S. D.; STOKES, R. M. (1974). Metabolism of nitrogenous wastes in the eggs and alevins of rainbow trout, Salmo gairdneri RICHARDSON. In: The early life history of

fish. p. 325-337. Ed. Blaxter J. H. S. Springer-Verlag. Berlin.

RICHTER, C. J. J.; HENKEN, A. M.; EDING, E. H.; DOESUM, J. H.; BOER, P., 1986. Induction of triploidy by cold-shocking eggs and performance of triploids in the african catfish, Clarias gariepinus (BURCHELL, 1822). EIFAC/FAO Symposium of Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and Shellfish for Consumption and Stocking, Bordeaux, 27-30 May.

RINGROSE, R. C., 1971. Calorie-to-protein ratio for brook trout (Salvelinus fontinalis).J. Fish. Res. Bd. Can., 28:1113--1117.

ROBERTS, J. K., 1976. The metabolism and growth of rainbow trout, Salmo gairdneri, in fresh and saline waters. PHD Thesis, University of Aston, Birmingham.

RYCHLY, J. 1980. Nitrogen balance in trout. II. Nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying protein and carbohydrate levels. Aquaculture, 20:343--350.

RYCHLY, J. & MARINA, B. A., 1977. The ammonia excretion of trout during a 24 hour period. Aquaculture, 11:173-178.

SAVITZ, J., 1971. Nitrogen excretion and protein consumption of the bluegill sunfish (Lepomis macrochirus). J. Fish. Res. Bd. Can., 28:449-451.

SAVITZ, J.; ALBANESE, E.; EVINGER, M. J.; KOLASINSKI, P., 1977. Effect of ration level on nitrogen excretion, nitrogen retention and efficiency of nitrogen utilization for growth in largemouth bass (Micropterus salmoides).

J. Fish, Biol. 11:185-192.

SATIA, B. P., 1974. Quantitative protein requirements of rainbow trout. Prog. Fish. Cult., 36:80-85.

SCHALLES, J. F. & WISSING, T. E., 1976. Effects of dry pellet diets on the metabolic rates of bluegill (Lepomis macrochirus). J. Fish. Res. Bd. Can., 33:2443-2449.

SEZAKI, K.; WATWNABE, S.; HASHIMOTO, K., 1983. A comparison of chemical composition between diploids and triploids of "Ginbuna" Carassius auratus langsdorfi. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49:97-101.

SHAH, M. S. & BEARDMORE, J. A., 1986. Production of triploid tilapia (Oreochromis niloticus) and their comparative growth performance with normal diploids. EIFAC/FAO Symposium on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and Shellfish for Consumption and Stocking, Bordeaux, 27-30 May.

SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; TAKEDA, M.; KAJIYAMA, H., 1980. Effects of calorie to protein ratios in formulated diet on the growth, feed conversion and body composition of young yellowtall. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46:1083--1087.

SINGH, R. P & NOSE, T., 1967. Digestability of carbohidrates in young rainbow trout. Bull. Fresh. Res. Lab. Tokyo, 17: 21-25.

SLINGER, S. J.; CHO, C. Y.; HOLUB, B. J., 1977. Effect of water temperature on protein and fat requirements of rainbow trout (Salmo gairdneri). In: Proc. 12th. Ann. Nutr. Conf. Feed Manuf., p.1-5.

SMALL, S. A. & RENFEY, T. J., 1987. Cell size in triploid salmon. J. Exp. Zool.: in press.

SMITH, M. A. K. & THORPE, A., 1976. Nitrogen metabolism and trophic input in relation to growth in freshwater and saltwater Salmo gairdneri. Biol. Bull., 150:139-151.

SMITH, R. R.; RUMSEY, G. L. & SCOTT, M. L., 1978. Net energy maintenance requirements of salmonids as measured by direct calorimetry: effect of body size and environmental temperature. J. Nutr., 108:1017-1024.

SMITH, S., 1947. Studies in the development of the rainbow trout (Salmo irideus). I. The heat production and nitrogenous excretion. J. Exp. Biol., 23:357-373.

SMITH, J., 1957. Early development and hatching. In: The Physiology of Fishes, vol.1, p.323-359. Ed. Brown, M. E.. Academic Press, New York.

SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. (1981). Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. Freeman & Co., San Francisco, 859p.

SOLAR, I. I.; DONALDSON, E. M.; HUNTER, G. A., 1984. Induction of triploidy in rainbow trout (Salmo gairdneri RICHARDSON) by heat shock, and investigation of early growth. Aquaculture, 42:57-67.

SPANNHOF, L. & PLANTIKOW, H., 1983. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. Aquaculture, 30:95-108.

STAPLES, D. J. & NOMURA, M.,1976. Influence of body size and food ration on the energy budget of rainbow trout Salmo gairdneri RICHARDSON. J. Fish. Biol., 9:29-43.

STEFFENS, W., 1981. Protein utilization of rainbow trout (Salmo gairdneri) and carp (Cyprinus carpio): A brief review. Aquaculture, 23:337-345.

STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Can. Bull., 167, 331 p.

SWARUP, H., 1959. The oxygen consumption of diploid and triploid Gasterosteus aculeatus (L.). J. Genet., 56:156-160.

TABACHEK, J. L., 1986. Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of artic charr, Salvelinus alpinus L. J. Fish Biol., 29:139-151.

TACON, A. G. J. & COWEY, C. B., 1985. Protein and amino acid requirements. In: Fish Energetics; New Perspectives:155--183. Ed. Tytler, P. & Calow, P. Croom Helm, London & Sidney.

TACON, A. G. J. & BEVERIDGE, M. M., 1982. Effects of dietary trivalent chromium on rainbow trout. Nutr. Rep. Int., 25:49-56.

TACON, A. G. J. & JACKSON, A. J., 1985. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish diets. In: Nutrition and feeding in fish , 119-145. Ed. Cowey, C. B., Mackie, A. M., Bell, J. G. Academic Press, London.

TAKAHASHI, K.; ITO, K.; SATO, R.;, 1978. Glyconeogenesis in chum salmon alevin. Tohoku J. Agricult. Res., 29:146-158.

TAKEDA, M.; SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; KAJIYAMA, H.; KAISYO, T., 1975. The effect of dietary calorie to protein ratio on the growth, feed conversion and body composition of young yellowtail. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 41:443-447.

TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C., 1978 a. Optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44:683-688.

TAKEUCHI, T., WATANABE, T.; OGINO, C., 1978 b. Supplementary effect of lipids in a high protein diet of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44:677-681.

TAKEUCHI, T.;YOKOYAMA, M.; WATANABE, T.; OGINO, C., 1978c. Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44:729-732.

TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C., 1979. Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45:983-987.

TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C.; SAITO, M.; NISHIMURA, K.; NOSE, T., 1981. A long-term feeding with rainbow trout by a low protein diet with a high energy value. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47:637-643.

TANDLER, A. & BEAMISH, F. W. H., 1980. Specific dynamic action and diet in largemouth bass, Micropterus salmoides (LACEPEDE). J. Nutr., 110:750-764.

TÃTRAI, I., 1981. The nitrogen metabolism of bream, Abramis brama L. Comp. Biochem. Physiol., 68 A:119-121.

TERNER, C., 1979. Metabolism and energy conversion during early development. In: Fish Physiology, Vol. 8:261-278. Ed. Hoar, W. S.; Randall, D. J.; Brett, J. R. Academic Press, New York.

THORGAARD, G. H., 1983. Chromosome set manipulation and sex control in fish. In: Fish Physiology, Vol. 9 B:406-434. Ed. Hoar, W. S.; Randall, D. J.; Donaldson, E. M. Academic Press, New York.

THORGAARD, G. H., 1986. Ploidy manipulation and performance. Aquaculture, 57:57-64.

THORGAARD, G. H. & GALL, G. A., 1978. Adult triploids in a rainbow trout family. Genetics, 93:961-973.

THORGAARD, G. H.; JAZWIN, M. E; STIER, A. R., 1981. Polyploidy induced by heat shock in rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc., 110:546-550.

THORGAARD, G. H.; RABINOVITCH, P. S.; SHEN, M. W.; GAAL, G. A.; PROPP, J.; UTTER, F. M., 1982. Triploid rainbow trout identified by flow cytometry. Aquaculture, 29:305-309.

TIEWS, K.; KOOPS, H.; GROPP, J.; BECH, H., 1979. Compilation of fish meal free diets obtained in rainbow trout (Salmo gairdneri) feeding experiments at Hamburg (1970-1977/78). In: Finfish Nutrition and fishfeed Technology, vol.II, p. 219-228. Ed. Halver, J, E; & Tiews K., Heenemann, Berlin.

TREGUER, P. & LE CORRE, P., 1975. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilization de l'autoanalyzer II Technicon.). 2.ème edition. Laboratoire d'Oceanologie Chimique, Univ. Bretagne Occidentale, France, 110p.

TVERANGER, B., 1985. Variation in growth rate, liver weight and body composition at first sexual maturity in rainbow trout. Aquaculture, 49: 89-99.

UTTER, E. M.; JOHNSON, O. W.; THORGAARD, G. H.; RABINOVITCH, P. S., 1983. Measurement and potential applications of indiced triploidy in pacific salmon. Aquaculture, 35: 125-135.

WANG, Y. L.; BUDDINGTON, R. K.; DOROSHOV, S. I., 1987. Influence of temperature on yolk utilization by the white sturgeon, Acipenser transmontanus. J. Fish. Biol., 30: 263-271.

WATANABE, T., 1977. Sparing action of lipids and dietary protein in fish. Low protein diet with high calorie content. Technocrat, 10:34-39.

WATANABE, T.; TAKEUCHI, T.; OGINO, C., 1979. Studies on the sparing effect of lipids on dietary protein in rainbow trout (Salmo gairdneri). In: Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, vol. 1:113.125. Halver, J. E.; Tiews, K. . Ed. Heenemann, Berlin.

WATANABE, T.; NANRI, H.; SATOH, S.; TAKEUCHI, M.; NOSE, T., 1983a. Nutritional evaluation of brown meals as a protein source in diets for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49:1083-1087.

WATANABE T.; TAKEUCHI, T.; CHANG,Y. F.; SATOH, S.; NOSE,T.,1983b. Proc. Jap. Soc. Sci. Fish., Oct. 1983, p.91.

WEATHERLEY, A. H. & GILL, H. S., 1981. Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout Salmo gairdneri RICHARDSON. J. Fish. Biol., 18: 195-208.

WEISER, W., 1985. Developmental and metabolic constraints of the scope for activity in young rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Exp. Biol., 118:133-142.

WILEY, M. J. & WIKE, L. D., 1986. Energy balances of diploid, triploid and hybrid grass carp. Trans. Amer. Fish. Soc., 115:853-863.

WINDELL, J. T.; FOLTZ, J. W.; SAROKOV, J. A., 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestability studies. Prog. Fish. Cult., 40:51-55.

WINFREE, R. A. & STICKNEY, R. R., 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of Tilapia aurea. J. Nutr., 111: 1001-1012.

WOLTERS, W. R.; LIBEY, G. S.; CHRISMAN, L., 1982. Effect of triploidy on growth and gonad development of channel catfish. Trans. Amer. Fish. Soc., 111:102-105.

YARZHOMBECK, A. A. & MASLENNIKOVA, N. V. 1971. Nitrogenous metabolites of the eggs and larvae of various fishes. J. Ichthyol., 11:276-281.

ZEITOUN, I. H.; HALVER, J. E.; ULLREY, D. E.; TACK, P. I., 1973. Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (Salmo gairdneri) fingerlings. J. Fish. Res. Bd. Can., 30:1867-1873.

ZEITOUN, I. H.; ULLREY, D. E.; HALVER, J. E.; TACK, P. I.; MAGEE, W. T., 1974. Influence of salinity on protein requirements of coho salmon (Oncorhynchus kisutch) smolts. J. Fish. Res. Bd. Can., 31:1145-1148.

ZEITON, T. M.; ULLREY, D. E.; BERGEN, W. E.; MAGEE, W. T., 1977. DNA, RNA, protein and free amino acids during ontogenesis of rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Fish. Res. Bd. Can., 34:83-88.