

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**ESTUDO DA INTERRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA
AMBIENTE E ENERGIA DO ALIMENTO SÔBRE O
METABOLISMO E ATIVIDADE TIREOIDEANA DE
SUÍNOS ACLIMATADOS AO FRIO E CALOR**

Marcos Macari

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP - Campus de
Jaboticabal, para concorrer ao Título de Livre-
Docente, junto ao Departamento de Morfologia
e Fisiologia Animal.

JABOTICABAL
Estado de São Paulo - Brasil
- 1987 -

Ao meu pai **ATTILIO**,

À minha mãe **EZILDA**

À

LEDA pelo carinho,

apoio, incentivo e

paciência.

Aos

meus filhos

DANILO, SORAIA e

MARIA CAROLINA

A G R A D E C I M E N T O S

- Aos Docentes e Funcionários do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da F.C.A.V.J. - UNESP, pelo apoio dado;
- Aos Funcionários **JOSÉ ROBERTO GUERREIRO**, **EUCLIDES ROBERTO SECA****TO** e **MARIA ANGÉLICA BUZINARO**, pelo auxílio prestado na elaboração deste trabalho;
- À Direção da F.C.A.V.J. - UNESP, pelo apoio dado para o meu desenvolvimento técnico-científico;
- Ao Dr. **RODOLFO NASCIMENTO KRONKA**, pelo incentivo e doação de animais experimentais;
- Aos meus ex-orientadores Dra. **MARIA CARMELA LICO** ("in memorian") e Dr. **JOSÉ VENÂNCIO PEREIRA LEITE** ("in memorian"), pela minha formação profissional;
- Às Agências Financiadoras - **FAPESP**, **CNPq** e **FINEP**, pelos auxílios liberados, sem os quais este trabalho seria inviável;
- E a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho, a minha gratidão.

Í N D I C E

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	01
2. EXPERIMENTO I. Estudo da Atividade Metabólica e Função Tiroideana de Suínos Aclimatados ao Frio e Calor e Submetidos a Diferentes Níveis Energéticos Nutricionais. ..	15
2.1. Objetivos	15
2.2. Materiais e Métodos	16
2.2.1. Animais	16
2.2.2. Manutenção dos Animais	16
2.2.3. Gaiolas e Câmaras Climáticas	17
2.2.4. Água e Dieta	17
2.2.5. Grupos Experimentais	19
2.2.6. Pesagem dos Animais	19
2.2.7. Problemas de Manutenção	19
2.2.8. Medida do Metabolismo (Consumo de O ₂)	20
2.2.9. Medidas de Temperatura	23
2.2.9.1. Temperatura Retal	23
2.2.9.2. Temperatura da pele	23
2.2.10. Implantação dos Catéteres	23
2.2.11. Amostras de Sangue	25
2.2.12. Dosagens de Tiroxina (T ₄) e 3,5,3'-Triiodotironina (T ₃) no Plasma	25
2.2.13. Utilização Periférica de T ₄ (¹²⁵ I)	25

2.2.14. Utilização Periférica de T_3 (^{125}I)	26
2.2.15. Determinação da Taxa de Utilização Perifé- rica (K) dos Hormônios (T_4 e T_3)	27
2.2.16. Volume de Distribuição, Reserva Total (pool) e Taxa Catabólica dos Hormônios . . .	28
2.2.17. Estudo Histológico	
3. EXPERIMENTO II. Estudo da Interrelação entre Temperatu- ra Ambiente, Ingestão de Alimento, Taxa Metabólica em Suínos Aclimatados ao Frio e Calor.	30
3.1. Objetivos	30
3.2. Materiais e Métodos	32
3.2.1. Animais	32
3.2.2. Consumo de Oxigênio	32
3.2.3. Consumo Alimentar	32
3.2.4. Procedimento	32
4. EXPERIMENTO III. Estudo da Interrelação Entre Tempera- tura Ambiente, Ingestão de Alimento e Níveis Plasmáti- cos de Hormônios Tireoideanos em Suínos Aclimatados ao Frio e Calor	36
4.1. Objetivos	35
4.2. Materiais e Métodos (Parte I)	36
4.2.1. Animais	36
4.2.2. Temperaturas de Aclimação	36
4.2.3. Alimentação	37
4.2.4. Níveis Plasmáticos dos Hormônios Tireoidea- nos	37

	Pág.
4.2.5. Procedimento Utilizado	37
4.3. Material e Métodos (Parte II)	39
4.3.1. Animais	39
4.3.2. Temperatura Ambiente e Alimentação	40
4.3.3. Tireoidectomia	40
4.3.4. Procedimento utilizado	40
4.3.5. Análise Estatística	42
5. RESULTADOS	43
5.1. Experimento I	43
5.1.1. Crescimento dos Animais	43
5.1.2. Consumo de Oxigênio (Taxa Metabólica Basal)	46
5.1.3. Temperaturas Corporais	49
5.1.3.1. Temperatura Retal	49
5.1.3.2. Temperatura Dorsal	49
5.1.3.3. Temperatura das Extremidades	49
5.1.4. Concentração Plasmática dos Hormônios Tireoideanos	51
5.1.5. Taxas de Utilização Periférica dos Hormônios	51
5.1.6. Volume de Distribuição, Reserva Total (pool) e Taxa Catabólica dos Hormônios Tireoideanos	54
5.1.7. Estudo Histológico	54
5.1.7.1. Área do Epitélio	54
5.1.7.2. Altura do Epitélio	58
5.1.7.3. Relação Núcleo/Citoplasma	58
5.1.7.4. Peso da Glândula Tireóide	58

	Pág.
5.2. Experimento II	61
5.2.1. Pesos Corporais e Taxas de Crescimento . . .	61
5.2.2. Ingestão de Alimento e Taxa Metabólica . .	61
5.3. Experimento III	70
5.3.1. Ingestão de Alimentos e Hormônios Tireoidea <u>nos</u> (Parte I)	70
5.3.2. Influência da Redução nos Níveis de Hormô <u>ni</u> os Tireoideanos Sobre a Ingestão de Ali <u>me</u> nto (Parte II)	74
6. DISCUSSÃO	78
6.1. Experimento I	78
6.2. Experimento II	87
6.3. Experimento III	90
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

PROC. G 33187
FLS. 119

I. INTRODUÇÃO

A temperatura ambiente afeta todos os organismos vivos e seus tecidos. O comportamento, crescimento, forma e fisiologia de um organismo são afetados pela temperatura na qual o animal sobrevive. O modo pelo qual a temperatura ambiente influencia o organismo pode ser classificado em duas categorias: primeiro, efeitos diretos da temperatura sobre o tecido, e, segundo, a resposta do organismo à temperatura ambiente.

Na primeira categoria estão incluídos os efeitos da temperatura ambiente sobre a temperatura tecidual. A temperatura de um dado tecido afeta sua taxa metabólica, por modificar a ação de enzimas, as quais comandam as reações bioquímicas que são as bases do processo metabólico. A extensão pela qual o metabolismo de um tecido é afetado pela sua temperatura tem frequentemente sido indicado pelo seu coeficiente de temperatura (Q_{10}), o qual indica a taxa de seus processos

metabólicos a uma temperatura 10°C mais baixa.

Através dos resultados obtidos com coeficiente de temperatura, foi encontrado que a taxa metabólica de muitos tecidos aumenta 2 a 3 vezes para cada 10°C de aumento na temperatura tecidual. Contudo, estes achados somente são verdadeiros para temperaturas de $45-50^{\circ}\text{C}$ ou mais, nas quais as enzimas começam a ser destruídas.

Na segunda categoria estão incluídas as respostas comportamentais, morfológicas e fisiológicas. Estas respostas, tal como àquela de selecionar um microclima favorável (INGRAM e MOUNT, 1975) e regulação da taxa na qual os animais produzem calor, estão envolvidas na manutenção da temperatura corporal compatível com a vida.

Os organismos mais diretamente afetados (isto é, aqueles que se incluem na primeira categoria) pela temperatura são os poiquilótermos, os quais incluem as plantas e os animais das ordens mais "inferiores". A temperatura destes organismos está na dependência da temperatura ambiente. Contudo, aqueles poiquilótermos que se movem (ex. insetos, anfíbios, répteis, peixes) se termorregulam ao movimentarem-se de um ambiente o qual é termicamente menos favorável para outros os quais são termicamente mais favoráveis. Assim, a regulação da temperatura corpórea nestes grupos é estritamente comportamental, e sua efetividade sendo determinada pela "temperatura efetiva" do ambiente e as características físicas dos animais, como massa, forma e área de superfície.

Animais tais como pássaros, monotremados e mamíferos os quais são capazes de manter a temperatura corpórea razoavelmente constante, independentemente da temperatura ambiente são chamados de homeótermos. Estes animais usam uma combinação de respostas comportamentais, anatômicas e fi

nos níveis hormonais, ingestão de alimento e taxa metabólica, cria alterações no seu meio interno para a qual o animal também deve responder. Assim, é mais realístico ver os resultados da exposição prolongada à ambientes frios ou quentes como uma sucessão de alterações que afetam umas às outras.

De fato, não está claro se um animal exposto a severo estresse térmico por um período prolongado pára de sofrer alterações. Na natureza, as alterações climáticas que ocorrem no ambiente são cíclicas, e os animais continuam com respostas apropriadas de resfriamento ou aquecimento. Assim, as condições experimentais são inteiramente diferentes das naturais e, este fato tem sido constantemente realçado (HEROUX, 1961; BLIGH, 1973; WEBSTER, 1974).

A correlação entre forma corporal dos homeotermos e temperatura ambiente foi descrita no século passado por BERGMANN e ALLEN (ver BODENHEIMER, 1938). Ambos autores descreveram adaptações, as quais podem diminuir a taxa de perda de calor nos homeotermos vivendo em ambientes frios, tal como redução da superfície corporal por unidade de massa. Desde estes estudos muitas investigações têm sido feitas com relação à forma e massa tecidual de animais expostos ao frio ou calor (temperatura abaixo ou acima da neutralidade térmica, respectivamente). Apesar das variações entre os estudos, com respeito à temperatura ambiente, duração da exposição, espécie usada e idade dos animais, os resultados são razoavelmente constantes. Muitos dos tecidos são maiores nos animais expostos ao frio e menores nos animais expostos ao calor quando comparados com aqueles à termoneutralidade. Contudo, o reverso é verdadeiro quando comparados: tamanho da cauda, focinho, orelhas e membros. Com relação à gordura corporal total e músculo esquelético, os pesos são menores para os animais expostos ao frio, e maiores para os

animais expostos ao calor quando comparados com os animais na neutralidade térmica.

BARNETT e MOUNT (1967) relataram que a exposição ao frio de homeotermos requer um aumento da taxa respiratória, ingestão de alimento e digestão, produção de calor e eliminação das excretas. Assim, muito mais trabalho é requerido dos órgãos envolvidos nestes processos nos animais expostos ao frio. Portanto, o maior peso visceral e glandular dos animais expostos ao frio, está associado com a maior quantidade de alimento ingerido, alterações hormonais e maior produção de calor. Por outro lado, os tecidos envolvidos no armazenamento de energia (gordura, músculo esquelético) são maiores nos animais expostos ao calor. Apesar das diferenças observadas poderem ser explicadas pelas funções, os mecanismos intrínsecos envolvidos nestes processos são ainda elucidados.

A mais surpreendente evidência nestes estudos é a escolha da alimentação à vontade pelos investigadores (exceto INGRAM e WEAVER, 1969). Os autores relataram que os animais no frio comiam mais do que os animais no calor ou termo-neutralidade. Revisores do assunto como BARNETT e MOUNT (1967) e PRECHT e cols. (1973), especularam se o nível alimentar poderia ter algum efeito sobre o tamanho e peso tecidual dos animais expostos à diferentes temperaturas ambientais, mas apenas recentemente, os efeitos de temperatura e alimentação têm sido investigados em separado (HEATH, 1984).

A habilidade dos homeotermos em viverem ambientes frios ou quentes depende de sua capacidade de manter a temperatura corporal constante. Isto, por outro lado, depende do isolamento corporal e sua capacidade de conservar calor no frio e dissipar o calor em ambientes quentes.

O calor é trocado entre o animal e o meio ambiente, sendo que o mesmo vai do ponto mais quente para o mais frio. Os processos pelos quais os animais trocam calor são: radiação, condução, convecção e evaporação. A taxa na qual cada um destes mecanismos se processam depende dos fatores ambientais e características dos animais (temperatura ambiente, quantidade de água no ar, radiação solar, velocidade do ar, temperatura corporal e da pele, área de superfície, entre outras).

A temperatura corporal afeta o gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente (MOUNT, 1968). Quanto maior for o gradiente mais rápida é a troca de calor entre os dois. A temperatura da pele também é de importância primária, pois ela é a superfície de contato com o meio, e o local onde a troca de calor ocorre (INGRAM e MOUNT, 1975).

A superfície determina a área sobre a qual a troca de calor ocorre. Assim, no frio, é vantajoso a menor área superficial pois limitará a troca de calor com o ambiente. O oposto é verdadeiro, em ambientes quentes, exceto para animais que não apresentam sudorese, tal como os suínos. Por outro lado, os animais alteram comportamentalmente suas "áreas de superfície efetiva" (MOUNT, 1968) quando a "temperatura efetiva" (MOUNT, 1968) do ambiente se altera. MOUNT (1965) mostrou que leitões expostos ao frio, reduzem sua área efetiva através do agrupamento, de tal modo que a taxa de perda de calor do grupo era aproximadamente igual a de um suíno individual, de massa igual, mas com área absoluta muitas vezes menor do que os leitões que compunham o grupo. Os animais podem restringir a perda de calor por condução. Por exemplo, em ambientes quentes o animal restringe o ganho de calor por condução através da área superficial dos pés, simplesmente ficando em pé. De forma similar, em ambientes quentes o ganho de calor por radia

ção pode ser restringido pela orientação ao sol ou pela procura de sombra (KERSLAKE, 1972).

O isolamento cria uma barreira entre a temperatura corporal e temperatura ambiente, reduzindo, assim, a troca de calor. A pelagem determina o isolamento, o qual é externo ao animal, sendo, portanto, a barreira para as trocas de calor (INGRAM e MOUNT, 1975). FULLER (1965) e WEAVER e INGRAM (1969) encontraram maior massa de pêlos, em suínos desenvolvidos a 5°C , do que aqueles em ambientes quentes, apesar de terem verificado que o crescimento do pêlo ter sido maior na zona de neutralidade térmica. Em outras espécies, como ovelhas, apesar de ter sido encontrado um maior crescimento de lã durante o inverno (LYNE e cols., 1970; JOLY e LYNE, 1970), nem MORRIS (1962) ou WEBSTER e cols. (1969) encontraram uma relação entre temperatura ambiente e crescimento de lã. Contudo, o fotoperiodismo influenciou no crescimento da lã, em ovelhas (WEBSTER e cols., 1969).

Assim, a densidade de pêlos é maior nos animais expostos ao frio, mas a diferença não é simplesmente devido ao efeito do frio per se. Alguns mamíferos, tais como rato e ovelhas, parecem ter adquirido uma "adaptação genética" a qual influencia o crescimento dos pêlos, em resposta ao fotoperiodismo. Em outras espécies, como a suína, alterações no crescimento do pêlo parece ser influenciada diretamente pela temperatura, apesar de existir poucas informações se o crescimento dos pêlos em suínos é influenciado pelo fotoperiodismo.

A exposição ao frio também aumenta o isolamento tecidual através da redução da condutividade e, este fenômeno usualmente ocorre pela vasoconstricção periférica. O isolamento interno apresenta vantagens sobre o externo, pois através da resposta vasoconstrictora periférica, o animal pode aumentar

ou diminuir o fluxo sanguíneo superficial, e adaptar-se a uma grande gama de temperatura ambiente. Já, o isolamento externo determinado pela pelagem não é facilmente alterado.

INGRAM e WEAVER (1969) descreveram a presença de poucos vasos sanguíneos na pele de suínos a 5°C, quando comparados com animais a 35°C. Este fato parece sugerir que, os suínos, a 5°C aumentam o isolamento interno, pela redução do fluxo sanguíneo superficial. Roedores, entretanto, parecem diferir dos suínos, pois HEROUX e cols. (1959) encontraram uma vascularização aumentada nas orelhas e cauda dos ratos expostos ao frio. RAND e cols. (1965) e LITTLE e STONER (1968) mostraram que a 20°C a perda de calor pelas extremidades, em ratos aclimatados ao frio, era maior do que em ratos aclimatados ao calor. Resultados similares foram descritos por CHEVILLARD e cols. (1960), em cobaias. Infelizmente, pouco é sabido a respeito das diferenças de fluxo sanguíneo periférico e as taxas de perda de calor em mamíferos de grande porte quando expostos ao frio ou calor.

Em ambiente cuja temperatura excede a temperatura corporal, evaporação é o único mecanismo pelo qual o calor pode ser dissipado. A perda evaporativa apresenta como espécie dependente. Homem e animais como cavalo, podem produzir grandes quantidades de suor e, conseqüentemente, são capazes de utilizar a superfície corporal para a perda evaporativa de calor. Outros animais, como os suínos, não apresentam sudorese e, assim, dependem de fontes externas de água para a perda evaporativa. Estes animais, por outro lado, também usam a superfície respiratória para o resfriamento evaporativo, e este mecanismo é tanto mais eficaz quanto maior o fluxo de ar sobre a superfície respiratória.

Como resultado de sua atividade metabólica o animal produz calor. A origem do calor produzido pelos homeo termos pode ser dividido nas seguintes categorias: a) calor pro duzido quando o corpo está em completo repouso e a atividade metabólica é mínima; b) o calor produzido pela atividade muscu lar no exercício ou tremor e, c) o calor produzido pela media ção catecolaminérgica induzido quando da exposição ao frio ("nonshivering thermogenesis") (WEBSTER, 1974) ou algum ou tro mecanismo similar de termogênese induzido pelo frio não as sociado ao tremor muscular.

A taxa na qual o calor é produzido pelo animal pode ser estimada pelo consumo de oxigênio (KLEIBER, 1975). A Figura 1, é um diagrama esquemático que ilustra a relação en tre produção de calor (ou consumo de O_2) e temperatura ambien te, no homeotermo em repouso. Existe um limite superior e in ferior da quantidade de calor que pode ser produzido por um animal com um respectivo peso, os quais são referidos como taxa metabólica máxima e mínima, respectivamente. Ambas taxas meta bólicas, máxima e mínima, são influenciadas pela massa de teci do metabolicamente ativo e pelo estágio nutricional do animal.

A faixa de temperatura na qual a produção de calor é mínima, e não afetada pelas alterações na temperatura am biente é conhecida como zona de neutralidade térmica. Em tempe raturas ambientais abaixo da zona de neutralidade térmica, o animal deve aumentar sua taxa de produção de calor para manter a temperatura corporal constante. A temperatura ambiente, abai xo da qual a produção de calor aumenta para manter a temperatu ra corporal constante chama-se temperatura crítica inferior. A temperatura crítica superior, acima da qual a taxa metabólica aumenta devido ao efeito Van't Hoff, fica do lado oposto da zona de neutralidade térmica. A zona de neutralidade térmica

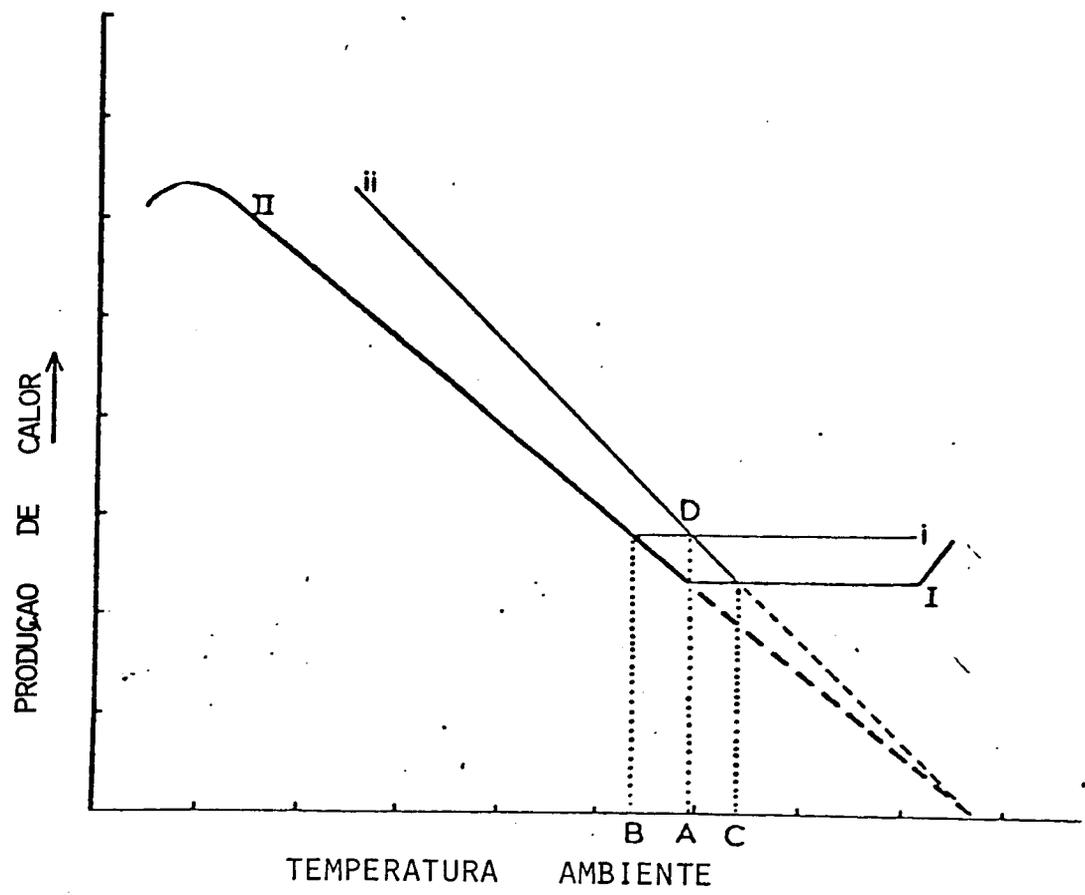


FIGURA 1 - Diagrama esquemático mostrando: a) como a temperatura crítica é reduzida (A para B) quando a taxa metabólica mínima aumenta (I para i) ; b) como a temperatura crítica aumenta (A para C) quando a taxa metabólica é aumentada (II para ii). Se a taxa metabólica mínima aumenta e a taxa de aumento na taxa metabólica abaixo da temperatura crítica aumenta, então, a temperatura crítica permanece aproximadamente a mesma (A = D).

varia de espécie para espécie e, em alguns casos, existe apenas um único ponto de taxa metabólica mínima, portanto, apenas uma temperatura crítica.

A taxa metabólica mínima, em repouso, reflete as alterações metabólicas as quais ocorrem em um animal como resultado de sua exposição ao frio ou calor (BARNETT e MOUNT, 1967; BLIGH, 1973). Entretanto, é a habilidade em produzir calor em temperaturas abaixo da temperatura crítica inferior, e dissipar calor acima da temperatura crítica superior, é que são importantes para a sobrevivência do animal no frio e calor, respectivamente.

A produção e perda de calor nos animais estão associadas com a temperatura ambiente e o estado nutricional (GRAHAM e cols., 1959; BLAXTER e cols., 1959). MOUNT (1976b) mostrou a interrelação existente, em suínos, entre produção de calor, temperatura crítica, estado nutricional e isolamento térmico. Assim, um animal com isolamento térmico baixo e nível nutricional também baixo, apresenta temperatura crítica alta. Contudo, se este mesmo animal é submetido a um nível nutricional mais elevado, sua temperatura crítica diminui. Por outro lado, um animal com isolamento térmico alto e estado nutricional baixo tem temperatura crítica baixa, mas, quando seu estado nutricional se eleva, a sua temperatura crítica diminui.

O processo adaptativo de um animal ao seu ambiente determina alterações nas respostas aos estímulos que o cerca. Assim, a adaptação pode envolver aclimatação de um animal a um ambiente, ou "adaptação genética" que envolve várias gerações e seleção dos mesmos.

Usualmente, adaptação implica que a sobrevivência do organismo seja favorecida pelas alterações que ocorrem no mesmo. Por exemplo, quando da exposição de mamíferos

ao frio, eles exibem uma resposta metabólica aguda, e, também, regulam sua temperatura central através da ativação dos mecanismos de conservação de calor. Sua morfologia externa é alterada, pelagem mais densa (suínos), extremidades pequenas, constituindo-se estas alterações uma adaptação para permitir uma menor resposta metabólica ao frio (MOUNT, 1968; WEAVER e INGRAM, 1969).

O aumento na taxa metabólica como resposta aguda ao frio, pode, se a exposição é repetida ou constante, determinar uma adaptação metabólica, na forma de aumento do metabolismo, favorecendo, assim, a sobrevivência do animal (HART, 1964).

Quando os animais são expostos, por longo tempo ao frio, a ingestão de alimento aumenta (BARNETT e MOUNT, 1967; DURRER e HANNON, 1962). Em certas espécies o ajuste alimentar apresenta uma certa latência, como é o caso dos ratos (LEUNG e HOROWITZ, 1976).

Em condições de temperatura elevada o consumo alimentar é reduzido, isto porque, a taxa metabólica mínima que é influenciada pelo plano nutricional, também é diminuída.

O ajuste metabólico durante à exposição ao frio e calor, e a conseqüente alteração no comportamento alimentar, parece estar relacionado com a secreção dos hormônios tireoideanos. Estudos comparativos de animais (suínos) mantidos a 25 e 35°C mostraram que a atividade secretora da tireóide e consumo de oxigênio (produção de calor) era sempre maior para os animais mantidos à 25°C (INGRAM e SLEBODIZINSKI, 1965). Evidências experimentais sugerem que a atividade tireoideana pode estar relacionada, não somente com a taxa metabólica, mas, também, com a ingestão de alimento a uma dada temperatura ambiente (INGRAM e KACIULBA-USCILKO, 1977; MACFARLANE, 1976).

Os trabalhos referentes à função tireoideana de animais expostos a diferentes temperaturas ambientais, têm evidenciado alterações na glândula tireóide, como peso (SELLERS e YOU, 1950; RAND e cols., 1952), hipertrofia celular (STARR e ROSKELLEY, 1940; CATZ e cols., 1953), aumento na captação de iodo marcado (CATZ e cols., 1953; LEBLOND e cols., 1944). Muitos destes achados têm sido interpretados como sendo devido a um aumento da atividade tireoideana quando da exposição dos animais ao frio. Contudo, experimentos têm revelado que a exposição crônica de animais ao frio, apesar de determinar um aumento na taxa metabólica, sugerem um retorno da atividade tireoideana aos níveis de pré-exposição (LEBLOND e cols., 1944, COTTLE e CARLSON, 1956).

Dentre os achados mais evidentes sobre a ação dos hormônios tireoideanos, em mamíferos e aves, é sua habilidade em estimular a produção de calor. Embora esta propriedade seja bem reconhecida, o mecanismo pelo qual os hormônios exercem sua ação não é bem conhecido. O principal estímulo responsável pelo aumento da secreção e utilização dos hormônios tireoideanos, é a variação na temperatura ambiente (REICHLIN, 1966). Contudo, recentemente, tem sido mostrado que a energia ingerida tem papel fundamental na estimulação e manutenção da função tireoideana. Assim, EVANS e INGRAM (1977) mostraram que, a exposição ao frio, de suínos, determinava um aumento na concentração plasmática de tiroxina (T_4), bem como na sua utilização periférica, mas estes efeitos somente eram mantidos se acompanhados de um aumento da energia ingerida pelos animais (INGRAM e EVANS, 1980). Além da T_4 , também a triiodo-tironina (T_3) é dieta dependente (DAVIDSON e CHOPRA, 1979).

Além da energia da dieta também tem sido mostrado que a composição da dieta é fator importante em estimular

a atividade tireoideana (TYZBIR e cols., 1981; DANFORTH e cols., 1976).

Este trabalho tem como objetivo estudar a interação entre temperatura ambiente, produção de calor, energia da dieta e hormônios tireoideanos, a fim de contribuir para o melhor entendimento dos mecanismos envolvidos na manutenção da homeostasia orgânica do animal.

2. EXPERIMENTO I

ESTUDO DA ATIVIDADE METABÓLICA E FUNÇÃO TIREOIDEANA DE SUÍNOS ACLIMATADOS AO FRIO E CALOR E SUBMETIDOS A DIFERENTES NÍVEIS ENERGÉTICOS NUTRICIONAIS.

2.1. OBJETIVOS

Os objetivos deste experimento foram:

- a. Determinar a taxa metabólica basal de suínos aclimatados a 10 e 35°C e alimentados em diferentes níveis energéticos nutricionais.
- b. Determinar as curvas metabólicas, temperaturas retal e da pele e isolamento térmico dos suínos referidos no item a.

c. Estudar como varia a concentração plasmática e utilização periférica dos hormônios tireoideanos dos suínos referidos no ítem a.

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1. Animais

Foram utilizados suínos da raça Large White. Os animais foram utilizados em grupo de oito (8), correspondentes a uma leitegada, incluindo-se machos e fêmeas. Os leitões foram provenientes de uma mesma porca e desmamados aos 14 dias de ida de. O peso inicial dos leitões variou entre 3,10 - 4,20kg ($\bar{X} \pm$ EPM = 3,16 \pm 0,63kg).

2.2.2. Manutenção dos Animais

No primeiro dia após o desmame, os leitões foram introduzidos a ração peletizada. O manejo adotado foi manter os animais juntos no primeiro dia após o desmame, facilitando as sim, a introdução da ração peletizada. No dia subsequente, os leitões foram separados em grupos e mantidos em gaiolas indi vi duais, as quais foram colocadas em ambientes quentes ou frio, durante 8 semanas. A temperatura ambiente inicial para os lei tões era de 28°C (zona termo-neutra, MOUNT, 1968), e a mesma foi reduzida ou aumentada de acordo com a temperatura de acli ma tação, adotada para cada grupo experimental. Para os animais que foram aclimatados ao frio, a temperatura ambiente foi decre scente (2 a 3°C/dia), até atingir a temperatura de 10°C, a qual foi mantida a este nível no transcurso de todo o experi

mento. Para os leitões aclimatados ao calor, a temperatura ambiente foi elevada gradativamente, até atingir os 35°C.

2.2.3. Gaiolas e Câmaras Climáticas

As gaiolas nas quais os animais eram alojados, individualmente, foram construídas em metal, com as seguintes medidas: 0,85 x 0,70 x 0,70m.

O piso de arame grosso para facilitar a passagem das fezes e urina.

As câmaras climáticas, em alvenaria, tinham 3,00 x 3,00 x 2,10m. As câmaras possuíam unidades refrigeradoras (compressores) e de aquecimento (resistências de 2KW) termotatizadas. A homogeneização do ar dentro da câmara era feita através de um forçador de ar. A velocidade do ar dentro das câmaras foi em média 0,16m/s e a umidade relativa de 35%.

As câmaras foram iluminadas continuamente através de uma lâmpada de 40W.

2.2.4. Água e Dieta

A água foi oferecida à vontade através de um bebedouro tipo concha. A ração era do tipo peletizada e sua composição é mostrada na Tabela 1. No primeiro dia de separação da porca, os leitões eram alimentados à vontade. Nos dias subsequentes, a dieta passou a ser controlada, sendo inicialmente oferecida em pequenas quantidades. Isto se faz necessário porque a ingestão de grandes quantidades de ração causa diarreia, pois o trato digestivo do animal encontra-se em fase de adaptação à dieta sólida.

TABELA 1 - Composição da ração oferecida aos leitões durante o período experimental.

ELEMENTOS ⁽¹⁾	NÍVEIS DE GARANTIA	
Umidade	12,0%	(máximo)
Proteína bruta	18,0%	(mínimo)
Extrato etéreo	3,0%	(mínimo)
Matéria fibrosa	5,0%	(máximo)
Matéria mineral	7,5%	(máximo)
Cálcio	1,2%	(máximo)
Fósforo	0,5%	(mínimo)
Proteína animal	2,0%	(mínimo)
Energia digestível	3.200	kcal/kg

(1) Matérias primas - milho, farelo de arroz desengordurado, farelo de soja, farelo de trigo, farelo de glúten, farinha de carne, fosfato bicálcio, melação, sal e premix mineral e vitamínico.

A ração era oferecida apenas uma vez ao dia, entre 16:00 e 17:00 horas. A quantidade de alimento foi sendo aumentada gradativamente, de acordo com o desenvolvimento dos animais, e o plano nutricional proposto para o experimento.

2.2.5. Grupos Experimentais

Os animais foram aclimatados a 10 e 35°C, e submetidos a planos nutricionais diferentes. Assim, os suínos aclimatados a 35°C foram divididos em 2 grupos, sendo alimentados com ração de alto (35A, 3.200kcal EM/kg) e baixo (35B, 1.600 kcal EM/kg) teores energéticos. Esta proporção energética, A = 2B foi mantida no decorrer de todo o período experimental. O mesmo procedimento foi utilizado para os animais aclimatados a 10°C (10A e 10B).

2.2.6. Pesagem dos Animais

Os leitões, após separados individualmente, com dieta controlada, foram pesados, diariamente, a fim de avaliar o ganho em peso e a necessidade alimentar dos mesmos.

2.2.7. Problemas de Manutenção

O maior problema na manutenção dos leitões é a diarréia. Esta foi tratada, reduzindo-se temporariamente a quantidade de alimento, e acrescentando-se glicose (5%) na água. Quando a mesma persistia, então era adicionado ao alimento, por um período de 2-3 dias, terramicina (50 g/kg). Quando o animal se recuperava, a ração era gradativamente aumentada.

Outro problema foi a hipotermia, principalmente nos animais do grupo 10B. Nestes casos, o animal foi transferido por 24 horas para uma câmara a 25°C e, após recuperação era novamente colocado a 10°C.

2.2.8. Medida do Metabolismo (Consumo de O₂)

O consumo de oxigênio foi determinado após 6 a 7 semanas de aclimatação. Desde que a ingestão e digestão dos alimentos são fatores que determinam um aumento no consumo de oxigênio (ação dinâmica específica do alimento ou termogênese induzida pela dieta), optamos por um período pós-prandial de 16 horas, para determinação do consumo de oxigênio.

O consumo de O₂ foi determinado em um analisador de O₂ (Taylor Servomex - OA 184 ou Beckman - F3), e, para tanto, foi utilizado um circuito aberto, como ilustrado na Fig. 2.

A gaiola na qual o animal era colocado media 1,25 x 0,60 x 0,80m, toda de metal, exceto o piso, e parte superior em acrílico, através da qual, por um sistema de espelhos era observado o animal. A homogeneização do ar dentro da gaiola era feita através de uma ventoinha com a velocidade de 0,20m/s.

A gaiola era colocada em uma câmara climática (3,00 x 1,50 x 2,00m) com temperatura controlada e, através de um sistema de termostatos a temperatura variava de -10 a +50°C, dentro de um limite de 0,5°C.

Como ilustrado na Fig. 2, o consumo de oxigênio era medido através da retirada do ar dentro da gaiola (bomba A), na razão de 10-50 l/min, e o fluxo de ar era controlado pelo fluxômetro A. Uma amostra deste ar, era, através da bomba B, lançado no analisador de O₂, cujo fluxo de 200ml/min., era controlado pelo fluxômetro B. O ar era devidamente secado (sili

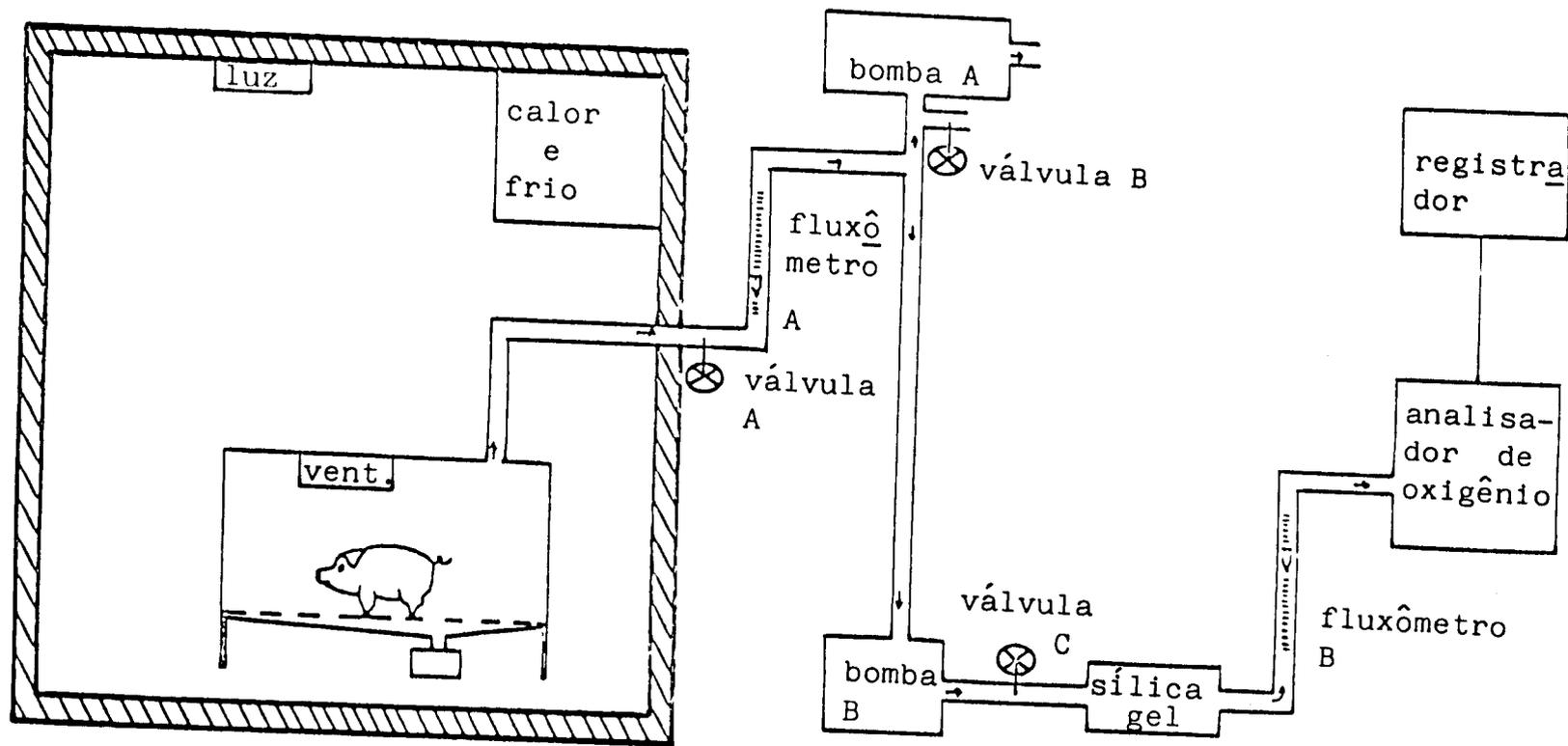


FIGURA 2 - Diagrama esquemático da gaiola metabólica na câmara com temperatura controlada, e o arranjo dos equipamentos para determinação da taxa de consumo de oxigênio nos suínos.

ca gel) antes de ser introduzido no analisador de oxigênio.

O analisador de oxigênio, baseado na propriedade paramagnética do oxigênio, isto é, sua capacidade de ser magnetizado, media a porcentagem de oxigênio no ar. Através de um registrador, a diferença de voltagem induzida no aparelho, devido a magnetização do oxigênio, era continuamente registrada.

A fórmula utilizada para determinação do consumo de oxigênio foi:

$$\frac{(\% O_2 \text{ consumido}) (\text{fluxo, ml/min}) (\text{CNPT})}{\text{peso animal (kg)}} = \text{ml } O_2 \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

Utilizando-se o peso metabólico do animal (KLIBER, 1971), obtivemos o consumo de O_2 em:

$$\text{ml } O_2 \text{ kg}^{-0,75} \text{ min}^{-1}$$

Da fórmula descrita, temos:

$$\% O_2 \text{ consumido} = (\% O_2 \text{ no ar ambiente}) - (\% O_2 \text{ no ar exaurido})/100$$

$$\text{fluxo} = \text{fluxo de ar através da giola, ml/min}$$

$$\text{CNPT} = \frac{273}{(273 + \text{temp. gaiola})} \times \frac{\text{Pressão barométrica (mm Hg)}}{760 \text{ (mm Hg)}}$$

O consumo de oxigênio foi determinado em diferentes temperaturas ambientais, para cada grupo experimental.

2.2.9. Medidas de Temperatura

2.2.9.1. Temperatura Retal

A temperatura retal foi medida introduzindo-se termistor no reto do animal, sendo este conectado a um termômetro eletrônico digital. A temperatura retal foi medida antes e após 90 minutos de exposição às diferentes temperaturas ambientais.

2.2.9.2. Temperatura da pele

A temperatura da pele foi medida com auxílio de um termistor de superfície, o qual era fixado com fita adesiva na pele do animal. As temperaturas da pele foram obtidas na região dorsal, extremidade das orelhas e da pata anterior. Nos locais de medida da temperatura os pêlos eram removidos, para maior contato do termistor com a superfície da pele dos animais. À semelhança da temperatura retal, as temperaturas da pele eram medidas antes e após 90 minutos de exposição às diferentes temperaturas ambientais.

2.2.10. Implantação dos Catéteres

Após 8 semanas de aclimação, o consumo de oxigênio foi determinado nas diferentes temperaturas ambientais e, posteriormente, os animais foram anestesiados e os catéteres implantados na veia jugular, em condições de assepsia (Fig. 3). O cateter foi passado subcutaneamente e retirado pelo dorso do animal sendo fixado com bandagens, a fim de evitar a formação de coágulos sanguíneos na sua extremidade. Uma dose de anti



A



B

FIGURA 1 - Aspectos da morfologia externa de suínos aclimatados a 10°C(A) e 35°C(B), e submetidos a planos energéticos nutricionais alto e baixo. Pode ser observada a bandagem de proteção dos catêteres para colheita de sangue.

biótico foi injetada, intramuscularmente (penicilina - 200.000 UI), para evitar o risco de contaminação. Após recuperação da anestesia, os animais eram recolocados nas respectivas câmaras de aclimatação (10 ou 35°C).

2.2.11. Amostras de Sangue

Três a quatro dias após a implantação dos cateteres, amostras de sangue eram retiradas através dos cateteres, com os animais nas gaiolas metabólicas e, sem distúrbio dos meses. Após a retirada do sangue, o cateter era lavado com solução salina heparinizada. O sangue era centrifugado (2.000 rpm/10 minutos) e o plasma era congelado (-17°C) para posteriores análises.

2.2.12. Dosagens de Tiroxina (T_4) e 3,5,3'-Triiodotironina (T_3) no Plasma.

As dosagens de T_4 e T_3 no plasma foram realizadas através da técnica de radioimunoensaio utilizando-se "kits" comerciais (Tetrabead - 125 e T_3 - Riabead - 125, Abbott Co., Diagnostic Div., N. Chicago, I.L., USA).

2.2.13. Utilização Periférica de T_4 (^{125}I).

Uma injeção de 20 μC de T_4 , marcado com ^{125}I , em 5ml de salina foi dada através do cateter, 16 horas antes do início do experimento. Quando da injeção, o cateter era lavado 3 vezes com 5ml de sangue, retirado do próprio animal, para assegurar que o hormônio marcado não ficasse retido no mesmo, e que quando da retirada da primeira amostra, o hormônio retido no

cateter não interferisse nos resultados.

Após 16 horas da injeção, amostras de sangue foram retiradas em intervalos regulares, até aproximadamente 48 horas. O sangue era centrifugado e a atividade, em 1 ml de plasma, determinada por 2 minutos em um contador gama (Hewlett-Packard, Serie 300).

A atividade das amostras foram calculadas em porcentagem de um padrão, previamente preparado. O padrão foi obtido, diluindo-se 0,1ml T_4 (^{125}I), ou seja, 20 μC , em 100ml de água destilada, e a atividade determinada em 1 ml desta solução. Desta forma, a atividade das amostras foram expressas em porcentagem do padrão/litro de plasma.

Com a finalidade de evitar a recirculação do iodo, os animais foram tratados com KI, 8mg/dia, 2 dias antes da injeção do hormônio marcado, e 0,8mg/d, nos 3 dias subsequentes à injeção, sendo o KI adicionado à ração.

Durante o experimento de utilização periférica de T_4 , os animais foram mantidos nas câmaras climáticas, a 10 e 35°C, e com água à vontade e dieta de rotina.

2.2.14. Utilização Periférica de T_3 (^{125}I).

Cinco dias após a injeção de T_4 (^{125}I), foi realizada a injeção de T_3 (^{125}I). O procedimento utilizado foi o mesmo que o anteriormente descrito para T_4 (^{125}I).

Uma amostra de sangue foi retirada, previamente à injeção de T_3 (^{125}I), a fim de avaliar a atividade residual de T_4 (^{125}I). Foi injetado, 20 μC de T_3 (^{125}I), contido em 1ml de uma solução de salina: plasma (75:25, v/v). Após 20 minutos da injeção, amostras de sangue foram retiradas em intervalos regulares (as primeiras 5 amostras a cada 5 minutos e as demais

a cada 10 minutos) até 110 minutos. O sangue foi centrifugado, o plasma obtido e a atividade determinada em 1 ml de plasma. A atividade das amostras também foram calculadas em porcentagem do padrão/litro de plasma.

2.2.15. Determinação da Taxa de Utilização Periférica (K) dos Hormônios (T_4 e T_3).

As taxas de desaparecimento de T_3 e T_4 (K) foram calculadas usando o modelo de decaimento exponencial (INGRAM e EVANS, 1980; INGRAM e RAMSDEN, 1981). Os valores de K foram calculados usando o modelo de decaimento exponencial simples, através da fórmula:

$$Y = Ce^{-KZ}$$

onde,

Y é a porcentagem da dose original de $^{125}\text{I/ml}$ de plasma;

C é a concentração de hormônio marcado ($^{125}\text{I } T_4$ ou $^{125}\text{I } T_3$), ou seja, é a variação da porcentagem da dose de iodo (marcado) quando o tempo passa de zero ao infinito;

K é a taxa constante de desaparecimento do hormônio;

t é o tempo após a injeção do hormônio marcado, sendo minutos para T_3 e horas para T_4 .

Dessa forma, um único valor de K foi obtido para cada curva de decaimento.

2.2.16. Volume de Distribuição, Reserva Total (pool) e Taxa Catabólica dos Hormônios.

O volume de distribuição de cada hormônio foi estimado da sua taxa de desaparecimento, ou seja, a inclinação final da curva de decaimento foi extrapolada para o tempo zero, ou seja, tempo da injeção e calculada a porcentagem de hormônio marcado neste ponto.

Este valor foi, então, comparado com aquele obtido quando uma dose similar de hormônio marcado foi adicionada a um volume de fluido conhecido. O volume de distribuição encontrado foi assim dividido pelo peso do animal e expressado como litros/kg.

A reserva total (pool) do hormônio no corpo do animal foi estimada através do produto entre o volume de distribuição e a concentração plasmática, assumindo que o hormônio distribuiu-se uniformemente entre o plasma e o restante do corpo do animal. Foi, então, calculado em nmol/kg.

O produto da reserva total (pool) e a taxa de desaparecimento deu uma estimativa da taxa de catabolismo do hormônio em nmol/kg.h.

2.2.17. Estudo Histológico

Após o término do experimento, os animais foram pesados e sacrificados. A glândula tireóide foi dissecada, pesada e fixada em Bouin. Secções foram feitas no meio de cada glândula e lâminas histológicas (5 μ) preparadas, sendo coradas com hematoxilina-eosina.

As lâminas foram analisadas por 2 métodos independentes:

1) As áreas ao redor dos folículos foram determinadas através de um analisador de imagem (Quantimet): para cada folículo a imagem foi projetada em uma tela e o traçado externo do epitélio folicular foi circundado com uma caneta. O analisador de imagem foi, então, programado para determinar a área definida pelo traçado. Foi também procedida a medida da área interna (coloidal) envolvida pelo epitélio folicular. Foi, também calculado, através de programa, o perímetro interno e externo do tecido epitelial. A altura média das células epiteliais foi obtida pela divisão da área epitelial, pelo comprimento médio dos dois perímetros. Para cada animal foram analisados 50 folículos.

2) Lâminas foram analisadas ao microscópio ótico utilizando o método de Chalkley modificado (CURTIS, 1960): neste a peça ocular possui pontos ao acaso e, registros foram feitos dos números de pontos, os quais caíam sobre o núcleo de uma célula epitelial, ou sobre o citoplasma. Um total de 50 campos oculares do epitélio, tomados ao acaso, foram examinados para cada animal. A razão dos dois números foi, então, usada para determinar a razão da área de núcleo/citoplasma para cada folículo epitelial.

PROC. C 33/87
FLS. 148
30

3. EXPERIMENTO II

ESTUDO DA INTERRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA AMBIENTE, INGESTÃO DE ALIMENTO, TAXA METABÓLICA EM SUÍNOS ACLIMATADOS AO FRIO E CALOR.

3.1. OBJETIVOS

Os objetivos deste experimento foram:

- a. Pesquisar em suínos aclimatados a 10 e 35°C, e submetidos a níveis energéticos nutricionais diferentes, qual a relação existente entre taxa metabólica e ingestão de alimento.

PROC. G 33187
FLS. 149
<i>[Handwritten mark]</i>

31.

- b. Pesquisar se a taxa metabólica e consumo alimentar se alteram quando os animais são submetidos, por curto intervalo de tempo, à temperatura termo-neutra (25°C).
- c. Pesquisar qual o tempo necessário para os ajustes na taxa metabólica e consumo alimentar quando os suínos aclimatados ao frio e calor (10 e 35°C) são transferidos para a temperatura termo-neutra (25°C).

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Animais

Foram utilizados animais da raça Large White, seguindo-se os mesmos procedimentos adotados no Experimento I.

- Manutenção, gaiolas, câmaras, água e dieta (mesmos procedimentos do Experimento I).

3.2.2. Consumo de Oxigênio

O mesmo procedimento do Experimento I, sendo que neste experimento foi utilizado apenas o analisador de oxigênio Beckman F3, e os animais foram submetidos a um período de jejum de 24 horas antes da determinação do metabolismo.

3.2.3. Consumo alimentar

O consumo alimentar foi determinado através da verificação diária da ingestão de alimento na gaiola metabólica.

3.2.4. Procedimento

Os animais após um período de jejum de 24 horas eram pesados e transferidos para a gaiola metabólica, a 10 ou 35°C, e o consumo de oxigênio determinado. A seguir os animais eram colocados em outra câmara climática, com a mesma temperatura ambiental, e o consumo de alimento era avaliado. O tempo médio gasto para determinar o consumo de oxigênio foi de 90 minutos, sendo que, para avaliar a ingestão, o tempo foi dependente

da temperatura ambiente. Quando da ingestão de alimentos, os animais eram deixados comer à vontade e o critério adotado para se determinar o final da ingestão, foi o animal não ingerir alimento durante 15 minutos. A quantidade de alimento ingerida era anotada, e o animal retornava à câmara de aclimação (10 ou 35°C).

Este procedimento foi adotado para os dois primeiros dias do experimento. No 3º dia de experimento o consumo de oxigênio e a ingestão de alimento foram avaliados a 25°C (isto é, os animais eram transferidos de 10 ou 35°C para 25°C), sendo que, após terminada as avaliações os suínos eram transferidos para uma câmara climática a 25°C. No 4º dia, as avaliações foram novamente realizadas a 25°C, mas, terminada a avaliação da ingestão, os suínos eram novamente colocados nas suas prévias e respectivas temperaturas de aclimação, ou seja, 10 ou 35°C e, no dia subsequente, o consumo de oxigênio e ingestão, novamente avaliados nestas temperaturas.

Após 3 dias deste experimento, os consumos de O₂ e alimentar foram novamente determinados a 10 ou 35°C, respectivamente, para os animais aclimatados a 10A e 35B. Nos 4 dias subsequentes, os consumos de oxigênio e alimentar foram avaliados a 25°C, sendo os animais também mantidos a esta temperatura nas câmaras de aclimação.

A Tabela 2 sumariza o procedimento adotado neste experimento.

Na segunda fase do experimento, somente foram utilizados os suínos aclimatados a 10 e 35°C, e submetidos aos níveis energéticos nutricionais alto e baixo, respectivamente, tendo em vista que os animais apresentavam peso corporal e taxa metabólica similares.

TABELA 2 - Sumário do procedimento adotado no Experimento II.

IDADE (dias)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C) E NÍVEL ENERGÉTICO (A- ALTO, B-BAIXO, C-AL LIBITUM)			
14	30C	30C	30C	30C
15-16	Mudança no nível energético nutricional			30C
17	30A	30B	30A	30B
18-27	Alteração gradual na temperatura ambiente			
28-41	35A	35B	10A	10B
42-46	Treino na gaiola metabólica			
49	35C	35C	10C	} 1ª s e m a n a
50	35C	35C	10C	
51	25C	25C	25C	
52	25C	25C	25C	
53	35C	25C	10C	
54		35B	10A	
55		35B	10A	} 2ª s e m a n a
56		35C	10C	
57		25C	25C	
58		25C	25C	
59		25C	25C	
60		25C	25C	

4. EXPERIMENTO III

ESTUDO DA INTERRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA AMBIENTE, INGESTÃO
DE ALIMENTO E NÍVEIS PLASMÁTICOS DE HORMÔNIOS TIREOIDEANOS
EM SUÍNOS ACLIMATADOS AO FRIO E CALOR.

4.1. OBJETIVOS

Os objetivos deste experimento foram:

- a. Pesquisar a interrelação entre ingestão de alimento e níveis plasmáticos de hormônios tireoideanos de suínos aclimatados ao frio (12°C) e calor (32°C) (Parte I).

- b. Pesquisar em suínos aclimatados ao frio ou calor, e tireoidectomizados, se a alteração da temperatura ambiente interfere sobre a ingestão de alimento (Parte II).

4.2. MATERIAIS E MÉTODOS (Parte I)

4.2.1. Animais

Neste estudo foram utilizados suínos mestiços (Landrace x Large White) com idade 7-10 semanas e pesando entre 12-18kg, no início do experimento. Os animais foram divididos em dois grupos de 8 animais, sendo o Grupo I aclimatado ao frio (12°C) e o Grupo II aclimatado ao calor (32°C). Os animais eram suínos jovens e em crescimento, com a mesma idade e peso, e as diferenças na taxa de crescimento observadas durante o período experimental foram devidas à temperatura de acimação. Os suínos foram mantidos em gaiolas individuais em uma câmara com temperatura controlada.

4.2.2. Temperaturas de Aclimação

Os animais do Grupo I, aclimatados ao frio, foram mantidos em uma câmara termostaticamente controlada, na qual a temperatura ambiente era mantida a $12 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Os suínos do Grupo II, aclimatados ao calor, foram mantidos em uma câmara com temperatura ambiente de $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Estas temperaturas eram, respectivamente, abaixo e acima da temperatura termo-neutra de 25°C (MOUNT, 1968), para o peso e idade dos animais utilizados neste experimento.

4.2.3. Alimentação

No decorrer do experimento, a ração era oferecida, apenas uma vez ao dia, em um comedouro convencional. Os suínos foram alimentados com ração peletizada e contendo 3.200 kcal/kg de energia digestível. Os animais eram transferidos, diariamente, para uma gaiola metabólica usada para estimar a ingestão de alimento. Durante 2 hs/5 dias os animais foram alimentados na gaiola metabólica, sendo este procedimento utilizado para adaptar o animal à nova situação experimental. A gaiola era colocada em uma câmara climática, na qual a temperatura podia ser ajustada para a temperatura na qual o animal estava vivendo, ou seja, 12 ou 32°C.

O controle da ingestão de alimento foi realizado deixando o animal ingerir a ração por um período de 2 horas, terminado este tempo, qualquer sobra era retirada e pesada.

4.2.4. Níveis Plasmáticos dos Hormônios Tireoideanos

Os suínos foram submetidos a um período de jejum de 22 horas e amostras de sangue foram obtidas, sem anestesia, pela punção da veia cava superior. Plasma foi obtido e armazenado a -17°C para posteriores análises. Os níveis plasmáticos dos hormônios tireoideanos (T_4 e T_3) foram determinados através da mesma metodologia utilizada no Experimento I.

4.2.5. Procedimento Utilizado

Um esquema do procedimento utilizado neste experimento é mostrado na Tabela 3. Sumarizando, após um período de habituação de 5 dias, os suínos foram expostos a 12 ou 32°C e

TABELA 3 - Procedimento experimental utilizado.

DIAS	TEMPERATURA AMBIENTE - °C	
	Grupo I (n = 8)	Grupo II (n = 8)
1	12 (F1)*	32 (F1)
↓	↓	↓
11	12 (F1 + BS) ⁺	32 (F1 + BS)
12	12 (F1)	32 (F1)
13	12 (F1 + BS)	32 (F1 + BS)
14	12 (F1 + BS)	32 (F1 + BS)
15	Alteração na temperatura ambiente para os suínos aclimatados ao frio e calor	
16	32 (F1)	12 (F1)
17	32 (F1 + BS)	12 (F1 + BS)
18	32 (F1)	12 (F1)
19	32 (F1 + BS)	12 (F1 + BS)
20	32 (F1)	12 (F1)
21	32 (F1 + BS)	12 (F1 + BS)
22	32 (F1)	12 (F1)
23	32 (F1 + BS)	12 (F1 + BS)

* F1 = ingestão de alimento

+ BS = amostra de sangue para determinação de T₄ e T₃

4.3.2. Temperatura Ambiente e Alimentação

Como descrito no Experimento III (Parte I).

4.3.3. Tireoidectomia

Anestesia geral foi induzida, com auxílio de uma máscara facial, usando uma combinação de halotana e oxigênio, produzida em um vaporizador, em circuito aberto. A glândula tireóide foi removida, após a ligadura da artéria tireoideana, em condições estéreis. Após a cirurgia, uma dose única de antibiótico (penicilina - 200.000UI) foi dada, i.m., na tentativa de reduzir o risco de infecção.

4.3.4. Procedimento Utilizado

O sumário do procedimento utilizado neste experimento é mostrado na Tabela 4.

O mesmo procedimento utilizado no experimento anterior foi usado neste experimento, durante os primeiros 15 dias de aclimatação, exceto amostras de sangue que foram obtidas apenas no 14º dia, após o início da aclimatação. Após 14 dias de exposição ao frio ou calor, os animais foram tireoidectomizados, e os suínos dos Grupos I e II foram mantidos à mesma temperatura ambiente, enquanto que os animais dos Grupos III e IV foram submetidos a alteração na temperatura ambiente.

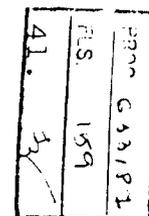
O peso corporal, ingestão de alimento e níveis plasmáticos dos hormônios tireoideanos foram avaliados para todos os grupos experimentais.

TABELA 4 - Procedimento experimental utilizado no experimento.

DIAS	TEMPERATURA AMBIENTE - °C			
	Grupo I (n = 4)	Grupo II (n = 4)	Grupo III (n = 4)	Grupo IV (n = 8)
11	12 (F1)*	32 (F1)	12 (F1)	32 (F1)
↓	↓	↓	↓	↓
14	12 (F1 + BS) ⁺	32 (F1 + BS)	12 (F1 + BS)	32 (F1 + BS)
15	Tireoidectomia e alteração na temperatura ambiente			
16	12 (F1)	32 (F1)	32 (F1)	12 (F1)
↓	↓	↓	↓	↓
20	12 (F1 + BS)	32 (F1 + BS)	32 (F1 + BS)	12 (F1 + BS)
↓	↓	↓	↓	↓
28	12 (F1 + BS)	32 (F1 + BS)	32 (F1 + BS)	12 (F1 + BS)

* F1 = ingestão de alimento.

+ (F1 + BS) = ingestão de alimento e amostra de sangue para determinação de T_4 e T_3 no plasma.



4.3.5. Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Desta forma, a contribuição de cada efeito em separado sobre a variância total pode ser testado. Neste particular, atenção especial foi dada:

- a. À temperatura de aclimação;
- b. Ao nível energético nutricional que os animais foram submetidos;
- c. À interação entre temperatura e energia.

Em alguns casos, o test t - Students pareado foi utilizado para comparar os efeitos de dois tratamentos específicos.

5. RESULTADOS

5.1. EXPERIMENTO I

5.1.1. Crescimento dos Animais

A taxa de crescimento e a conformação corporal dos animais de cada grupo experimental foram marcadamente diferentes. Os suínos mantidos a 10°C apresentaram membros e cauda curtos, orelhas pequenas e focinho curto, enquanto que aqueles mantidos a 35°C tiveram membros e cauda longos, orelhas grandes e largas e focinho longo. Estas diferenças foram também obtidas nos trabalhos de DAUNCEY e INGRAM (1983) e DAUNCEY e cols. (1983).

Os pesos corporais dos animais quando da implantação dos cateteres, são mostrados na Tabela 5. Os animais submetidos a nível energético nutricional alto, foram, como esperado,

TABELA 5 - Peso corporal e ingestão diária de alimento de suínos aclimatados a 10 ou 35°C e submetidos a nível energético nutricional alto (A) e baixo (B). Resultados expressos em médias \pm EPM; número de animais por grupo = 8.

VARIÁVEIS	GRUPOS EXPERIMENTAIS			
	35A	35B	10A	10B
Peso corporal (kg)	16,9 \pm 0,81	10,7 \pm 0,42	13,9 \pm 0,94	7,4 \pm 0,12
Ingestão alimento/24h (g)	600	300	600	300
g/kg	35	28	43	40
g/kg ^{0,67}	92	62	105	81

mais pesados do que aqueles com nível nutricional baixo; para cada nível energético nutricional, os suínos aclimatados ao calor mostraram-se mais pesados do que aqueles aclimatados ao frio. Contudo, deve ser salientado que a similaridade no peso corporal não implica necessariamente na mesma composição corporal.

Como os animais cresceram com taxas diferentes, a quantidade de alimento recebida pelos suínos, com nível alto e baixo de energia, em relação ao peso corporal foi alterada durante o período de aclimação, contudo, sempre foi mantida a proporção de 2:1. Com duas semanas de idade, a ingestão da ração com alta energia era duas vezes a da baixa energia, tanto em termos de quantidade absoluta, como por gramas de alimento por quilograma de peso; os valores correspondentes de ingestão quando do estudo hormonal são mostrados na Tabela 5. Para os animais a 9 semanas de idade, o valor da ingestão com nível energético nutricional alto era 1,1 - 1,25 vezes maior do que os animais alimentados com nível energético baixo. A Tabela 5 mostra ainda a ingestão de alimento baseada no peso metabólico. O valor do expoente utilizado tem sido estimado através de vários estudos, e o valor frequentemente utilizado é 0,67 (BROWN e MOUNT, 1982; HEUSNER, 1982). A ingestão quando expressada com base no peso metabólico mostrou ser 1,3 a 1,5 vezes maior para os animais alimentados com nível energético alto.

5.1.2. Consumo de Oxigênio (Taxa Metabólica Basal)

As taxas de consumo de oxigênio obtidas para cada temperatura teste são dadas na Tabela 6. Os resultados para cada temperatura ambiental, nas quais os animais foram testados foram analisadas separadamente, com o objetivo de se testar a hipótese de que a taxa de consumo de O_2 em qualquer temperatura depende parcialmente da energia ingerida pelo animal e parcialmente da temperatura na qual o animal foi aclimatado.

A Tabela 7 mostra os resultados da análise de variância na qual são relatados os efeitos, em separado, da energia e temperatura.

Para todos os grupos experimentais, $27^{\circ}C$ representou a temperatura termo-neutra, na qual não ocorreu nem tremor ou hipertermia. Nesta temperatura, a análise de variância mostrou que as diferenças na taxa metabólica são dependentes da energia ingerida ($P < 0,001$), enquanto que não houve diferenças quanto a temperatura de aclimação. Além disso, a interação entre os efeitos devido à temperatura e energia foi, também, significativa ($P < 0,001$). Este fato indica que a diferença no consumo de oxigênio, relacionada com a ingestão de energia é maior para os animais aclimatados ao frio do que aqueles aclimatados ao calor.

As análises dos valores de consumo de O_2 , obtidos a $20^{\circ}C$ e $10^{\circ}C$, também mostraram efeitos estatisticamente significantes ($P < 0,001$) quando relacionados com a energia ingerida, mas não com a temperatura de aclimação.

Nestas temperaturas, a interação não mostrou significância estatística, sugerindo que o efeito da ingestão de energia sobre o consumo de oxigênio, era similar para os animais aclimatados a 10 e $35^{\circ}C$.

TABELA 6 - Consumo de oxigênio ($\text{ml O}_2/\text{kg}^{0,75}/\text{min}$) medido em diferentes temperaturas ambientais para suínos aclimatados a 10 ou 35°C, e com níveis energéticos nutricionais alto (A) e baixo (B). Resultados expressos em médias \pm EPM.

GRUPOS	n	TEMPERATURA NA QUAL O CONSUMO O_2 FOI AVALIADO ($^{\circ}\text{C}$)			
		10	20	27	35
35A	8	15,5 \pm 1,2	10,4 \pm 0,7	8,2 \pm 0,5	9,2 \pm 0,8
35B	9	12,4 \pm 1,1	8,1 \pm 0,6	6,5 \pm 0,5	6,5 \pm 0,4
10A	9	17,8 \pm 1,1	11,5 \pm 0,6	11,2 \pm 0,5	-
10B	8	11,0 \pm 1,3	7,0 \pm 0,8	5,3 \pm 0,6	-

PRINC. 623181
 FIS. 165
 47.5

TABELA 7 - Valores médio do consumo de O_2 ($ml O_2 kg^{-0,75} \cdot min^{-1}$) relacionados aos efeitos separados da temperatura de aclimação e energia ingerida.

FATOR AMBIENTAL	TEMPERATURA AMBIENTE - °C			
	10	20	27	
Temperatura	35°C	13,9 ± 0,8*	9,3 ± 0,5	7,4 ± 0,4
	10°C	14,4 ± 0,9	9,2 ± 0,5	8,2 ± 0,4
Energia ⁺	Alta	16,6 ± 0,8	10,9 ± 0,5	9,7 ± 0,4
	Baixa	11,7 ± 0,9	7,6 ± 0,5	5,9 ± 0,4

* Valores obtidos pela análise de variância ($\bar{X} \pm EPM$)

+ Diferenças relacionadas à ingestão de energia foram todas diferentes estatisticamente ($P < 0,001$), enquanto que as diferenças devido a temperatura não apresentaram significância estatística.

5.1.3. Temperaturas Corporais

5.1.3.1. Temperatura Retal

A análise estatística foi realizada separadamente para cada temperatura ambiente e, foi verificado haver efeito significativo de temperatura ($P < 0,01$), com os animais aclimatados a 35°C , apresentando temperaturas retais maiores do que os animais aclimatados ao frio ($P < 0,001$). Houve, também, efeito da energia ingerida, com os animais ingerindo alta energia na dieta tendo temperatura retal maior ($P < 0,001$ a 27°C e 20°C ; $P < 0,05$ a 10°C). As interações obtidas para cada análise de variância também foram significativas ($P < 0,01$), sugerindo que o efeito da energia ingerida sobre a temperatura retal foi mais pronunciado para os animais vivendo no frio do que no calor (Fig. 4a).

5.1.3.2. Temperatura Dorsal

Não houve diferenças na temperatura da região dorsal para os diferentes grupos experimentais (Fig. 4b).

5.1.3.3. Temperatura das Extremidades

As temperaturas das extremidades da orelha e da pata anterior foram significativamente maiores para os animais aclimatados a 10°C do que 35°C ($P < 0,01$). O nível de energia da dieta teve pouco efeito sobre as temperaturas das extremidades apesar de existir uma tendência de que a temperatura da pata possa ser maior para os animais com ingestão A do que B, isto em temperaturas mais baixas, 10°C ($P < 0,05$) (Figs. 4, c e d).

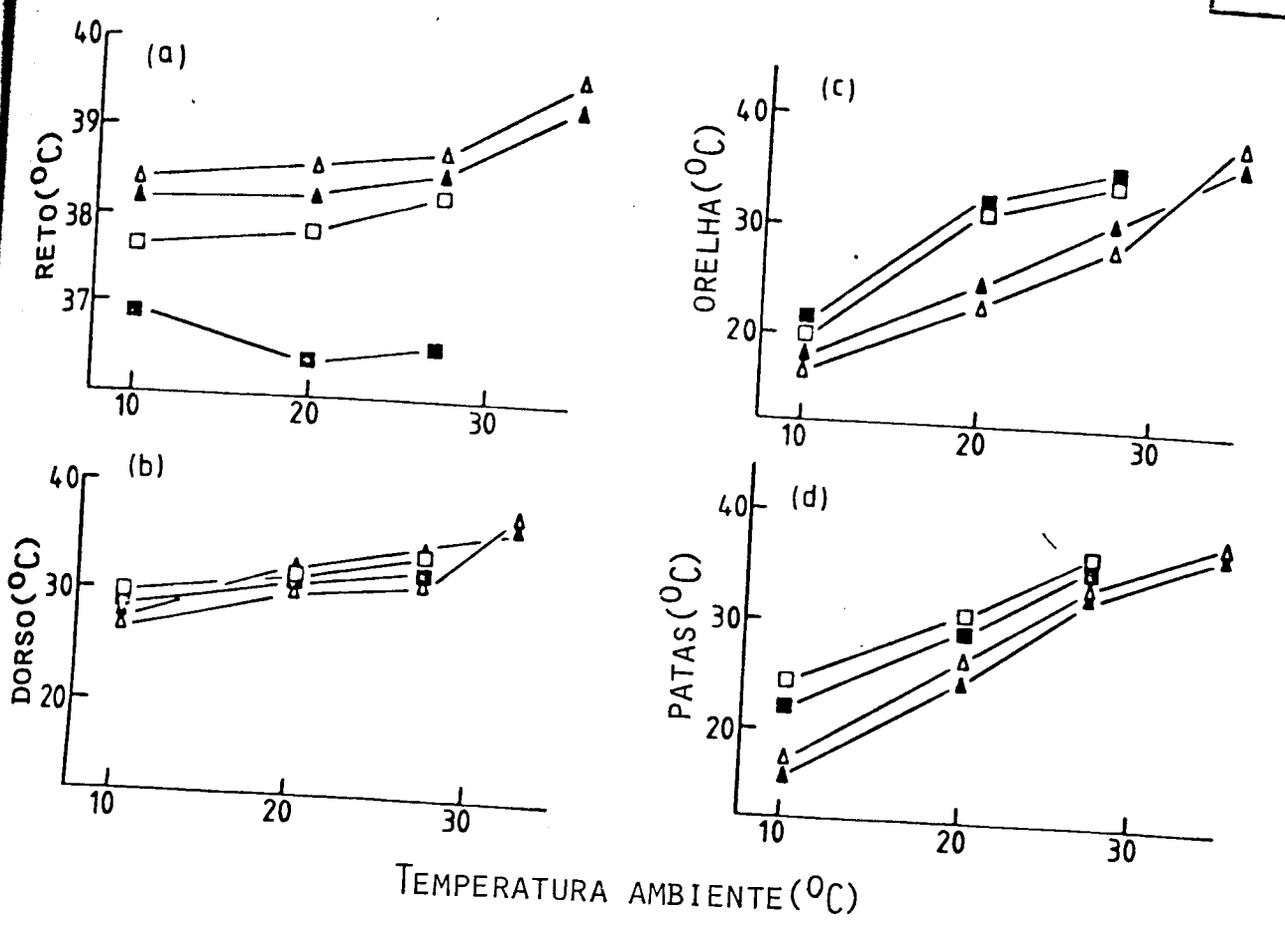


FIGURA 4 - Valores médios de temperatura retal e superficial, em diferentes temperaturas ambientais, de suínos aclimatados a 10 ou 35°C e submetidos a níveis energéticos nutricionais alto (A) e baixo (B).
 □ 10A; ■ 10B; △ 35A e ▲ 35B.

5.1.4. Concentração Plasmática dos Hormônios Tireoideanos

Os valores médios da concentração plasmática dos hormônios tireoideanos (T_4 e T_3), obtidos pelos menos 16 horas após a alimentação são mostrados na Tabela 8.

A análise de variância, revelou que as concentrações de T_4 e T_3 eram maiores naqueles com alta ingestão de energia ($P < 0,02$), mas, a temperatura na qual os animais foram aclimatados não apresentou influência sobre a concentração dos hormônios tireoideanos.

5.1.5. Taxas de Utilização Periférica dos Hormônios Tireoideanos.

Os valores das taxas de desaparecimento (fracional) periférico (K) de T_4 e T_3 são mostrados na Tabela 9. Contrastando com os resultados da concentração plasmática, a temperatura ambiente teve um efeito significativo sobre os valores de K , tanto para T_4 ($P < 0,01$) como para T_3 ($P < 0,05$); a taxa de desaparecimento foi maior para os animais aclimatados ao frio. Não houve efeito significativo da energia ingerida sobre os valores de K para T_4 e, apesar dos valores de K para T_3 apresentarem-se levemente maiores para os animais com baixa energia, os resultados não mostraram diferenças significativas.

TABELA 8 - Concentração plasmática de tiroxina (T_4) e 3,5,3'-triiodotironina de suínos aclimatados ao frio (10°C) e Calor (35°C), submetidos a níveis energéticos nutricionais alto (A) e baixo (B). Valores expressos em médias \pm EPM; número de animais por grupo = 8.

CONCENTRAÇÃO DOS HORMÔNIOS TIREOIDEANOS (nmol/l)	GRUPO EXPERIMENTAL			
	35A	35B	10A	10B
T_4	42,0 \pm 5,0	26,0 \pm 5,0	37,0 \pm 6,0	21,0 \pm 4,0
T_3	1,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,6	1,3 \pm 0,2	0,9 \pm 0,1
VALORES DE P DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA				
	TEMPERATURA		ENERGIA	
T_4	NS		< 0,02	
T_3	NS		< 0,02	

TABELA 9 - Taxa de desaparecimento periférico (K) dos hormônios tireoideanos/h.
(médias \pm EPM).

HORMÔNIO TIREOIDEANO (VALORES K/h)	GRUPOS EXPERIMENTAIS			
	35A	35B	10A	10B
T ₄	0,030 \pm 0,001	0,029 \pm 0,001	0,044 \pm 0,005	0,043 \pm 0,002
T ₃	0,606 \pm 0,030	0,691 \pm 0,043	0,729 \pm 0,080	0,813 \pm 0,068

VALORES DE P DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

	TEMPERATURA	ENERGIA
T ₄	< 0,01	NS
T ₃	< 0,05	NS

5.1.6. Volume de Distribuição, Reserva Total (Pool) e Taxa Catabólica dos Hormônios Tireoideanos.

As diferenças nos volumes absolutos de distribuição e reservas totais (pools) são mostrados na Tabela 10, e refletem as diferenças de pesos corporais dos animais. A Tabela 10, mostra que os valores de distribuição para T_4 , baseado no peso corporal, foram similares e, não houve, também, nenhuma variação sistemática nos volumes para T_3 . As diferenças nas reservas totais dos hormônios foram determinadas principalmente pela concentração plasmática dos hormônios, e as reservas de T_4 e T_3 foram maiores para os animais com níveis energéticos nutricionais alto.

A taxa catabólica de T_4 (Fig. 5) foi significativamente maior para os suínos com alta energia ($P < 0,01$) e, também, para os animais aclimatados ao frio ($P < 0,001$). De forma similar, os valores das taxas catabólicas de T_3 foram maiores para os suínos a 10 do que 35°C e para alta energia na dieta, mas, as diferenças obtidas não apresentaram significância estatística.

5.1.7. Estudo Histológico

5.1.7.1. Área do Epitélio

Os valores médios \pm EPM obtidos, através do analisador de imagem (Quantimet), para a área do epitélio folicular da glândula tireóide são mostrados na Tabela 11. O teste t pareado, mostrou que a área epitelial era maior para os suínos 10A do que 35B ($P = 0,05 - 0,02$). A análise de variância demonstrou que a maior ingestão de energia estava associada com

TABELA 10 - Volumes de distribuição, reserva total corporal (pool) dos hormônios t_i tireoideanos (A) pelo peso corporal (B) por kg de peso vivo (médias \pm EPM).

A. HORMÔNIOS TIREOIDEANOS E VARIÁVEIS	GRUPOS EXPERIMENTAIS			
	35A	35B	10A	10B
T_4 Volume de distribuição (1) Pool (nmol)	$2,95 \pm 0,10$ $17,10 \pm 6,00$	$1,88 \pm 0,09$ $52,40 \pm 5,10$	$2,76 \pm 0,14$ $106,70 \pm 10,10$	$1,43 \pm 0,15$ $25,10 \pm 10,70$
T_3 Volume de distribuição (1) Pool (nmol)	$9,89 \pm 0,43$ $16,53 \pm 0,77$	$7,40 \pm 0,41$ $9,16 \pm 0,73$	$9,37 \pm 0,31$ $12,50 \pm 0,50$	$4,92 \pm 0,34$ $5,88 \pm 0,49$

VALORES DE P DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

	TEMPERATURA	ENERGIA
T_4 Volume de distribuição	NS	< 0,001
Pool	< 0,05	< 0,001
T_3 Volume de distribuição	< 0,05	< 0,01
Pool	< 0,01	< 0,001

PRC. 633/87
FLS. 143
55. 57.

Cont...

B. HORMONIOS TIREOIDEANOS E VARIÁVEIS		GRUPOS EXPERIMENTAIS			
		35A	35B	10A	10B
T ₄	Volume de distribuição (l/kg)	0,17 [±] 0,01	0,18 [±] 0,01	0,19 [±] 0,01	0,21 [±] 0,01
	Pool (nmol/kg)	6,89 [±] 0,54	4,86 [±] 0,46	8,29 [±] 0,80	4,31 [±] 0,86
T ₃	Volume de distribuição (l/kg)	0,59 [±] 0,05	0,72 [±] 0,05	0,69 [±] 0,03	0,65 [±] 0,03
	Pool (nmol/kg)	0,95 [±] 0,06	0,79 [±] 0,06	0,90 [±] 0,07	0,68 [±] 0,07

VALORES DE P DA ANÁLISE DE VARIANÇIA

		TEMPERATURA	ENERGIA
T ₄	Volume de distribuição	NS	NS
	Pool	NS	< 0,05
T ₃	Volume de distribuição	NS	NS
	Pool	NS	< 0,05

PRCC. 633187
FLS. 144
56. 34

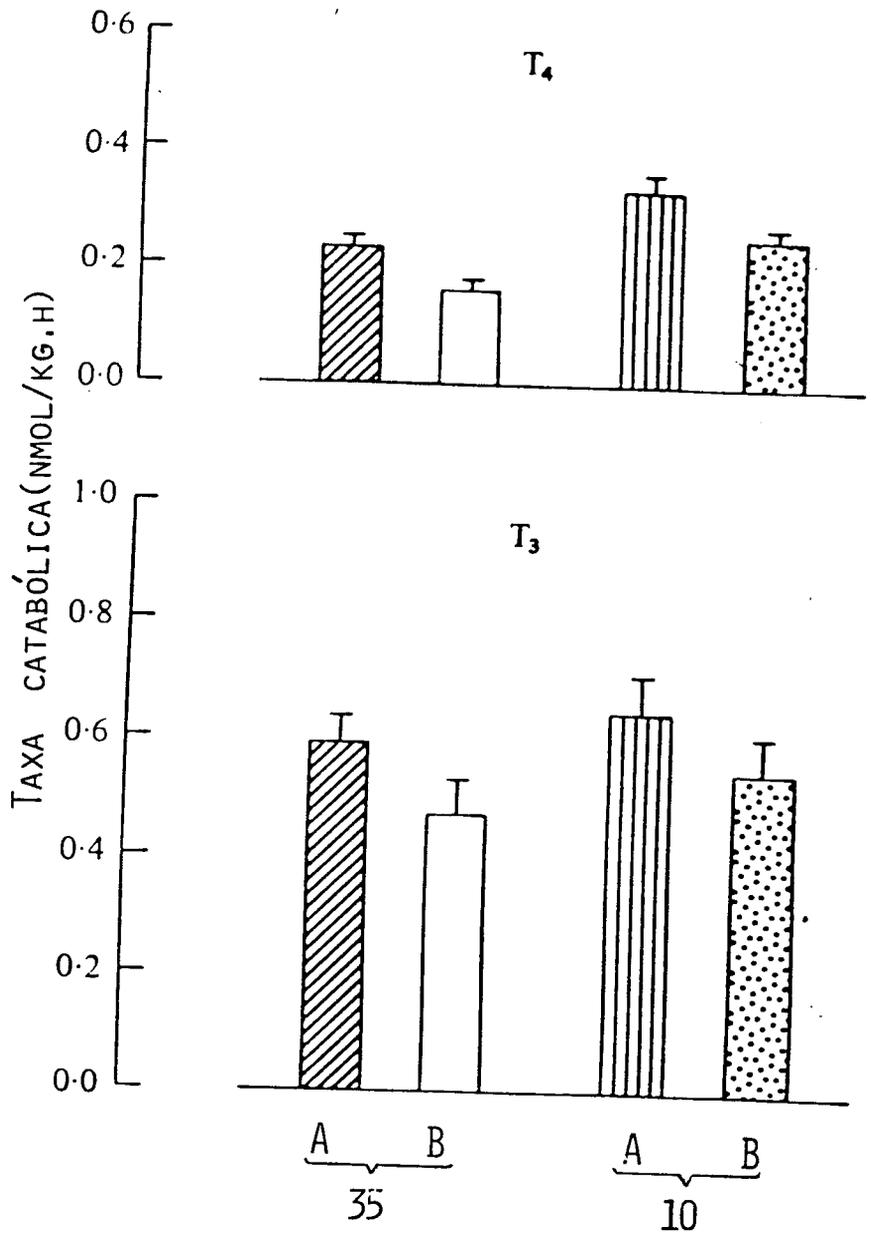


FIGURA 5 - Taxa catabólica (nmol/kg.h) de T_4 e T_3 para cada grupo experimental

maior área epitelial quando comparado à baixa ingestão energética ($P < 0,01$), mas não houve efeito significativo da temperatura de aclimação. A interação, contudo, mostrou-se significativa ($P < 0,01$), indicando que a ingestão de energia teve efeito maior a 10 do que 35°C.

5.1.7.2. Altura do Epitélio

Os valores médios da altura do epitélio são, também, mostrados na Tabela 11. O test t pareado, mostrou, novamente, uma diferença significativa entre os animais 10A e 35B ($P = 0,05 - 0,02$). A análise de variância mostrou que, à semelhança dos resultados obtidos com a área, houve efeito significativo da energia ($P < 0,001$), e ausência de efeito da temperatura de aclimação.

5.1.7.3. Relação Núcleo/Citoplasma

A razão das áreas núcleo/citoplasma foi similar para todos os grupos experimentais (Tabela 11), e nenhuma significância estatística foi observada. Estes achados indicam que as diferenças verificadas no epitélio folicular não estão relacionadas com o aumento relativo do conteúdo citoplasmático das células.

5.1.7.4. Peso da Glândula Tireóide

O peso absoluto da glândula tireóide variou entre os tratamentos (Tabela 12). Contudo, o peso relativo (com base no peso corporal) mostrou pequenas variações, com os animais ao frio apresentando pesos maiores do que os animais no

TABELA 11 - Medidas realizadas no epitélio folicular da glândula tireóide (médias \pm EPM).

	GRUPOS EXPERIMENTAIS			
	35A	35B	10A	10B
Área epitelial (μm^2)	30,79 \pm 1,71	27,67 \pm 1,63	35,91 \pm 1,71	18,01 \pm 2,15
Altura epitélio (μm)	8,90 \pm 0,30	8,20 \pm 0,30	10,50 \pm 0,30	6,70 \pm 0,40
Relação núcleo/citoplasma	1,30 \pm 0,04	1,28 \pm 0,03	1,32 \pm 0,03	1,29 \pm 0,09

VALORES DE P DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

	TEMPERATURA	ENERGIA	INTERAÇÃO
Área	NS	< 0,01	< 0,01
Altura	NS	< 0,001	< 0,001
Núcleo/citoplasma	NS	NS	NS

NS - não significativo

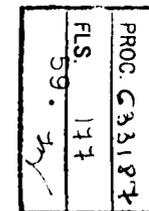


TABELA 12 - Pesos corporais e da glândula tireóide (médias \pm EPM).

	GRUPOS EXPERIMENTAIS			
	35A	35B	10A	10B
Peso corporal (kg)	22,4 \pm 0,9	13,8 \pm 0,7	16,7 \pm 0,8	8,7 \pm 0,4
Peso tireóide (g)	2,8 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	2,6 \pm 0,3	1,3 \pm 0,0
Peso tireóide/peso corporal ($\times 10^{-5}$)	1,3 \pm 0,9	1,4 \pm 1,1	1,6 \pm 1,4	1,5 \pm 1,20

calor. A análise de variância não mostrou diferenças entre os tratamentos.

5.2. EXPERIMENTO II

5.2.1. Pesos Corporais e Taxas de Crescimento

As taxas de crescimento dos animais refletiu tanto nas condições ambientais, nas quais os animais estavam vivendo, bem como a energia ingerida pelos mesmos. A combinação da baixa temperatura e baixa energia resultou nos suínos 10B, pequenos e baixo peso corporal; a alta temperatura e alta energia resultou os suínos 35A com o maior peso corporal. Além disso, a baixa demanda térmica a 35°C, em combinação com a baixa energia, por um lado, e a alta demanda energética associada a alta energia, por outro, resultou em que os suínos 35B e 10A tivessem pesos corporais similares (Tabela 13).

O peso corporal similar entre os suínos 10A e 35B, fizeram dos mesmos, interessantes grupos para o estudo da adaptação da ingestão de alimento à temperatura termo-neutra, pois eliminou-se o problema relacionado à ingestão de alimento de animais com pesos corporais diferentes. Assim, estes dois grupos foram investigados na segunda semana experimental.

5.2.2. Ingestão de Alimento e Taxa Metabólica

A quantidade total de alimento ingerido e taxa metabólica e o tempo gasto para cada refeição, na primeira semana experimental são mostrados na Tabela 14. Nos dois primeiros dias de teste, as medidas foram feitas à temperaturas de 35 e 10°C, isto é, temperaturas de aclimação, e foi verificado que,

TABELA 13 - Peso corporal (kg) durante a primeira semana, para os suínos aclimatados a 35 ou 10°C e submetidos a níveis energéticos nutricionais alto (A) e baixo (B). Resultados expressos em médias \pm EPM (n = número de animais).

DIAS	GRUPOS EXPERIMENTAIS							
	35A (n = 6)		35B (n = 10)		10A (n = 10)		10B (n = 6)	
	\bar{X}	EPM	\bar{X}	EPM	\bar{X}	EPM	\bar{X}	EPM
1	13,6	\pm 0,5	10,1	\pm 0,7	10,4	\pm 0,4	7,3	\pm 0,3
2	13,7	\pm 0,8	10,3	\pm 0,5	10,9	\pm 0,4	8,1	\pm 0,5
3	14,0	\pm 0,9	10,7	\pm 0,7	11,1	\pm 0,5	8,5	\pm 0,6
4	14,4	\pm 0,9	11,2	\pm 0,8	11,8	\pm 0,5	9,4	\pm 0,5
5	15,1	\pm 1,1	11,3	\pm 0,7	12,2	\pm 0,6	9,4	\pm 0,6

PROC: C33187
 FLS: 190
 62. 37

TABELA 14 - Total de alimento ingerido(g) e tempo gasto(min.) na alimentação durante a 1ª semana experimental. Resultados expressos em médias±EPM.

DIAS	1		2		3		4		5	
TEMPERATURA (°C)	35/10		35/10		25		25		35/10	
MEDIDAS	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T
35A	350±65	55±02	405±44	56±04	537±56	50±02	567±74	60±03	567±85	55±01
35B	355±35	84±14	390±42	60±17	445±38	50±03	479±37	48±05	463±38	43±01
GRUPOS										
10A	612±52	54±05	622±45	56±07	602±55	69±04	622±75	57±10	696±55	53±06
10B	573±89	61±06	532±49	56±06	536±38	49±04	613±48	53±04	619±47	56±03

PROC. C33187
FLS. 181
63. 37

independentemente do regime alimentar previamente estabelecido, os suínos no frio, apresentaram uma ingestão alimentar maior do que os suínos no calor. No 3º dia, 2 horas a 25°C, a diferença persistiu. Após 24 horas de exposição à neutralidade térmica (25°C), as quantidades absolutas de alimento ingerido pelos grupos que viviam no frio (10A e 10B), eram maiores do que os animais no calor.

O tempo total gasto para alimentação não mostrou diferenças entre os grupos.

Com o objetivo de eliminar a influência do peso corporal sobre a ingestão de alimento, a quantia ingerida foi, também, calculada em g/kg de peso corporal. Os resultados obtidos são mostrados na Fig. 6. A análise de variância mostrou que, nos dois primeiros dias de teste (primeira semana), os animais no frio ingeriram duas vezes mais alimento do que os animais no calor ($P < 0,001$). Após, somente, 2 horas a 25°C (terceiro dia), apesar dos animais aclimatados ao calor (35°C) ingerirem maiores quantidades de alimento, eles ainda ingeriram menos que os animais aclimatados ao frio ($P < 0,001$). Estes achados, persistiram no primeiro dia de experimento, ou seja, os animais a 25°C/24 horas ($P < 0,001$). Após retorno dos animais às suas temperaturas de aclimação (10 ou 35°C), pelo período de 24 horas, existiu uma tendência de retorno aos níveis de ingestão observados no segundo dia de experimento, e a diferença na ingestão de alimento entre os animais no calor e frio aumentou ($P < 0,001$, no 5º dia).

Os resultados de consumo de oxigênio, expressados como ml de O_2 $kg^{-0,75} \cdot min^{-1}$ e, obtidos 22-23 horas após a última refeição, durante duas horas antes da alimentação são mostrados na Tabela 15. Nos dois primeiros dias, o consumo de O_2 , obtido a 10 e 35°C, mostraram, como esperado, uma maior

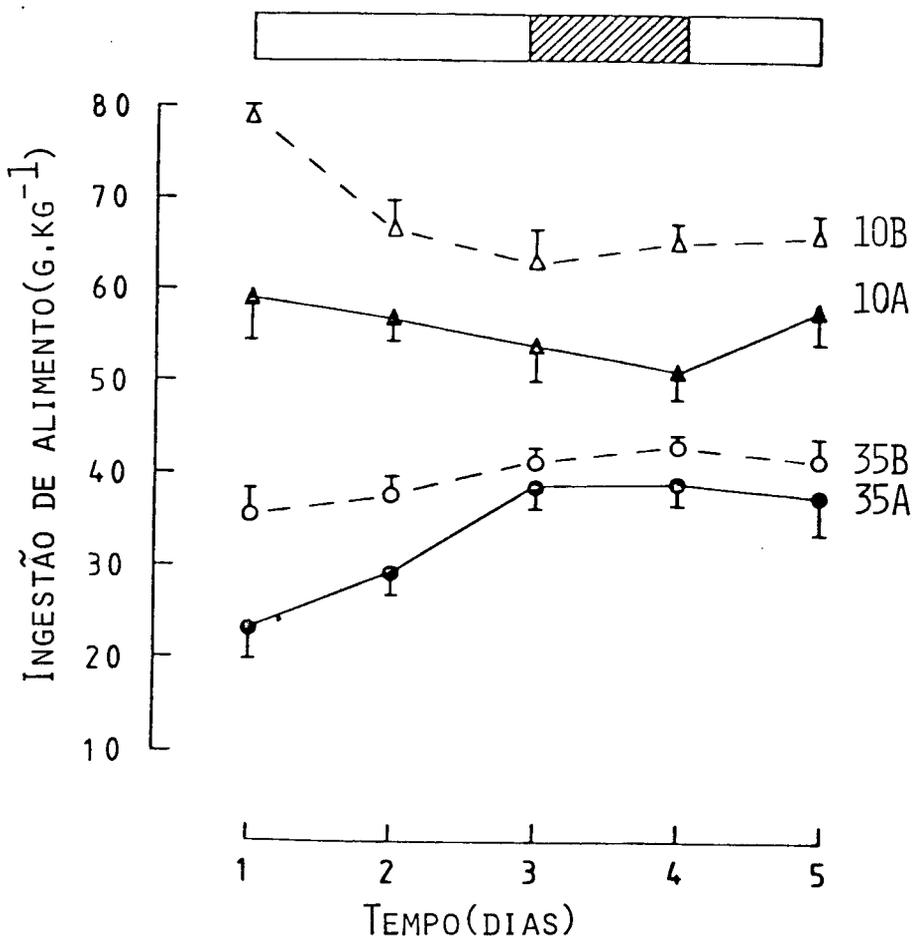


FIGURA 6 - Ingestão de alimento ($\bar{X} \pm \text{EPM}$) durante a primeira semana, de suínos aclimatados a 35 ou 10°C, e com níveis energéticos nutricionais alto (A) e baixo (B). 35A (●), 35B (○), 10A (▲) e 10B (△). Medidas foram realizadas a 10 ou 35°C (□) e a 25°C (▨).

TABELA 15 - Taxa metabólica ($\text{ml} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{kg}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$), durante a primeira semana de experimento, obtida após um jejum de 22-23 horas e, 2 horas antes da alimentação para animais aclimatados a 10 ou 35°C e com níveis energéticos nutricionais alto (A) e baixo (B). Resultados expressos em médias \pm EPM (nº de animais).

DIAS		1	2	3	4	5
TEMPERATURA/TESTE °C		35/10	35/10	25	25	35/10
GRUPOS	35A	13,7 \pm 0,9	14,2 \pm 0,5	15,8 \pm 0,9	16,0 \pm 0,9	13,5 \pm 0,8
	35B	13,9 \pm 1,5	13,1 \pm 0,9	15,4 \pm 0,9	16,2 \pm 1,1	14,1 \pm 0,6
	10A	26,1 \pm 2,0	25,6 \pm 1,3	16,4 \pm 0,9	17,9 \pm 1,5	27,4 \pm 1,5
	10B	22,1 \pm 1,1	27,7 \pm 0,8	17,3 \pm 1,2	19,2 \pm 0,7	29,3 \pm 1,1

taxa metabólica para os suínos aclimatados ao frio ($P < 0,001$). Após a exposição inicial a 25°C (terceiro dia), os valores de consumo de oxigênio, tenderam ser maiores para os animais aclimatados ao frio, contudo, a análise de variância mostrou que o efeito da temperatura de aclimação não foi significativo. Resultados similares foram obtidos no quarto dia ($25^{\circ}\text{C}/24$ horas). Após retorno à temperatura inicial de aclimação (10 e 35°C), as diferenças na taxa metabólica foram re-estabelecidas ($P < 0,001$, 5º dia).

A extensão pela qual a ingestão de alimento e a taxa metabólica estavam correlacionadas foi examinada nos 4 grupos experimentais.

A Fig. 7 mostra o consumo de O_2 (eixo - x) em $\text{ml } \text{O}_2 \text{ kg}^{-0,75} \cdot \text{min}^{-1}$ plotado contra a ingestão de alimento (eixo - y) em $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, para cada dia de teste e para cada um dos 4 grupos experimentais. O valor médio para cada grupo foi utilizado, perfazendo, assim, um total de 20 pontos. A inclinação e o coeficiente de correlação (r) das linhas de ingestão e consumo de O_2 foram calculados para cada um dos 4 grupos. Para os grupos 35A e 35B, as inclinações foram de 2,0 e 3,6g de alimento/kg para cada ml adicional de O_2 utilizado/ $\text{kg}^{0,75}/\text{min}.$, e os valores de r foram 0,61 e 0,78, respectivamente. Contudo, para os grupos 10A e 10B, os valores da inclinação foram 0,60 e 0,10 e de r foram 0,88 e 0,08, respectivamente.

Atenção particular foi tomada com os resultados obtidos a 25°C , de modo que comparações pudessem ser feitas entre animais que foram aclimatados ao frio ou calor, mas, cujas medidas foram feitas a uma mesma temperatura ambiente. A Fig. 8 mostra que os animais aclimatados ao frio tinham taxa metabólica e consumo alimentar maiores do que os animais no calor. Para os suínos, tanto aclimatados ao frio ou calor, aqueles que estavam

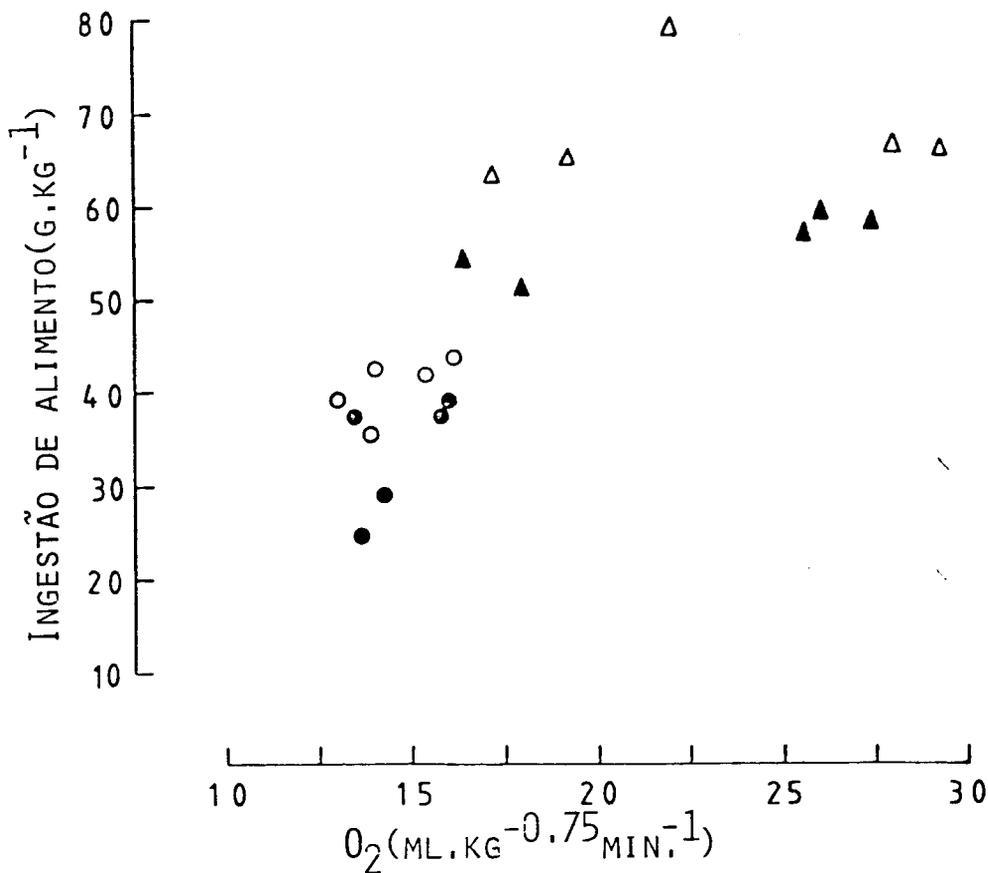


FIGURA 7 - Relação entre ingestão de alimento e taxa metabólica, medida antes da alimentação, durante a primeira semana experimental. Cada ponto representa o valor médio, para os animais aclimatados a 35°C, e com dieta de alta (●) ou baixa (○) energia, ou a 10°C, e com alta (▲) ou baixa (△) energia.

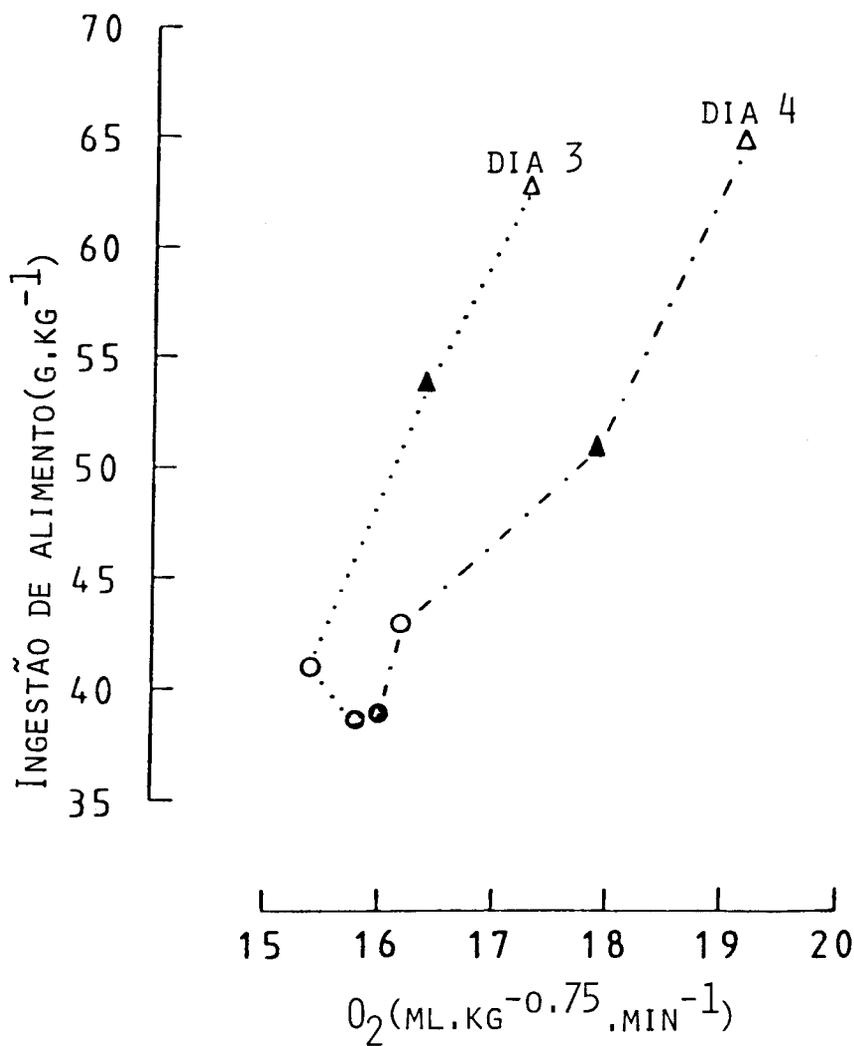


FIGURA 8 - Relação entre ingestão de alimento e taxa metabólica, medida antes da alimentação a 25°C, no 3º e 4º dias experimentais (primeira semana) (●- 35A; ○- 35B; ▲ -10A e △ - 10B).

previamente ingerindo baixa energia tiveram uma taxa metabólica maior e ingeriram mais alimento do que os animais previamente submetidos a alta energia.

Na segunda semana do experimento, a ingestão de alimento obtida a 10 ou 35°C para os suínos a 10A e 35B mostraram diferença estatística ($P < 0,001$). Após transferir os animais para 25°C, a análise estatística mostrou que a diferença entre os grupos persistiu ($P < 0,001$) durante as 24 horas a 25°C. Nos dias subsequentes, a diferença na ingestão de alimento entre os grupos tendeu a diminuir, mas, ainda mostrou significância estatística ($P < 0,05$), após 4 dias à neutralidade térmica.

A taxa metabólica medida no primeiro dia, a 10 ou 35°C foram, como esperado, significativamente diferentes ($P < 0,001$). Após transferir para 25°C, a diferença na taxa metabólica inicialmente desapareceu, mas, no terceiro e quinto dias uma diferença significativa ($P < 0,05$) foi observada (Fig. 9).

5.3. EXPERIMENTO III

5.3.1. Ingestão de Alimentos e Hormônios Tiroideanos Parte I.

A ingestão de alimento foi calculada em gramas de alimento ingerido dividido pelo peso corporal. Durante o período de aclimação, a ingestão de alimento para os suínos aclimatados ao frio foi significativamente maior do que os animais no calor ($P < 0,01$). A ingestão média e o tempo gasto na alimentação, foram 44 e 25g/kg e 58 e 82 min., para os suínos aclimatados ao frio e calor, respectivamente. Duas horas após a

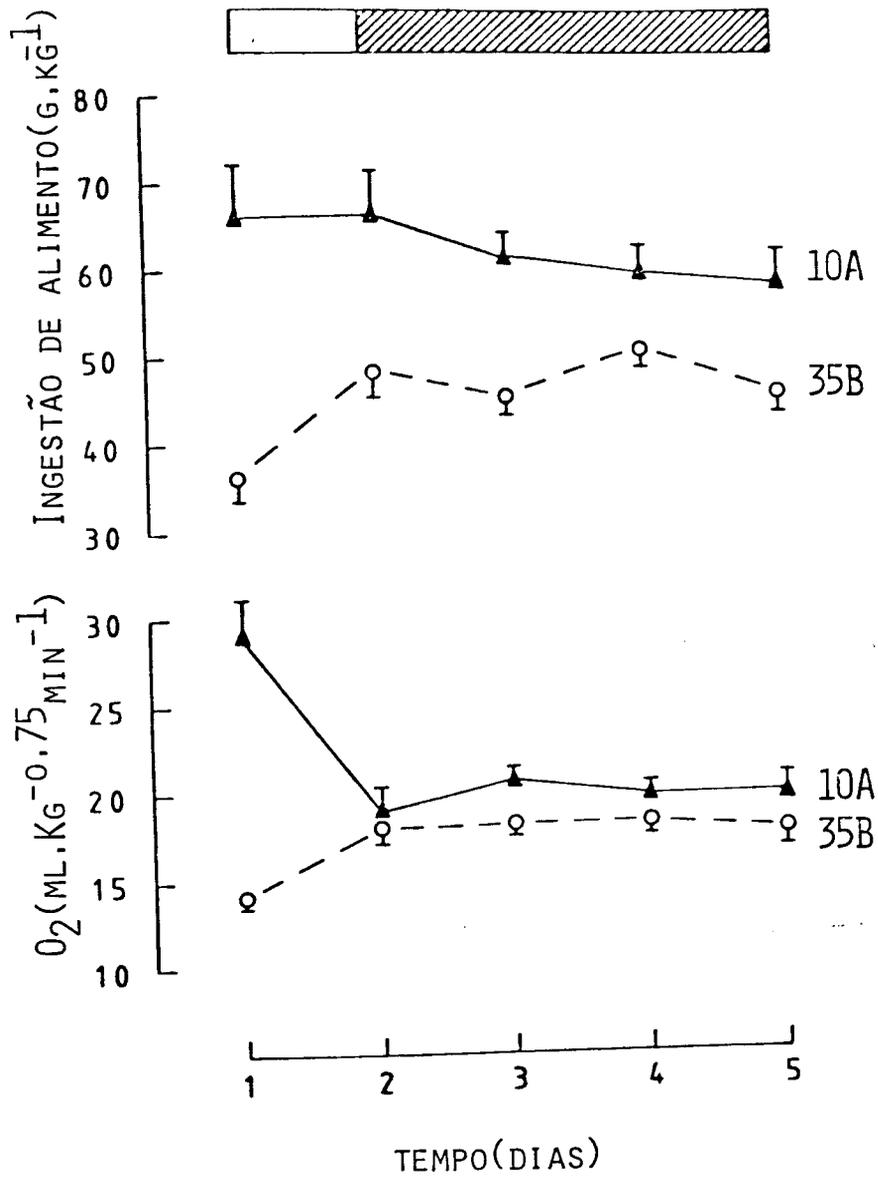


FIGURA 9 - Ingestão de alimento e taxa metabólica, medida antes da alimentação, durante a 2ª semana experimental. Valores expressos em médias \pm EPM. Medidas realizadas a 10 ou 35°C (□) e a 25°C (▨). (35°C e baixa energia o...o; 10°C e alta energia ▲ --- ▲).

mudança na temperatura ambiente, os animais aclimatados ao frio apresentaram uma pequena redução na ingestão de alimento (44 para 37g/kg), enquanto que os animais aclimatados ao calor, quando transferidos para o frio (12°C) por 2 horas, não aumentaram a quantidade de alimento ingerido. A análise de variância mostrou que, a ingestão de alimento, após 2 horas no frio ou calor, para suínos aclimatados ao calor e frio, respectivamente, ainda era diferente ($P < 0,01$), sendo a ingestão maior para os suínos aclimatados ao frio. A ingestão de alimento não diferiu entre os grupos durante os 3 dias subsequentes à alteração da temperatura ambiente ($P > 0,05$), e apresentou o valor médio de 30g/kg para ambos os grupos.

Quatro dias após a alteração na temperatura ambiente, a análise estatística revelou significativa diferença ($P < 0,01$) entre os grupos, a qual persistiu durante os dias subsequentes, com um valor médio de 42 e 26g/kg para os animais aclimatados ao calor e frio, respectivamente (Fig. 10a).

Os níveis plasmáticos dos hormônios tireoideanos (T_4 e T_3) para ambos os grupos são mostrados na Fig. 10b e 10c. Os níveis de T_4 e T_3 para os suínos aclimatados ao frio foram significativamente diferentes ($P < 0,01$) dos animais aclimatados ao calor. Duas horas após mudança na temperatura ambiente, os níveis plasmáticos de T_4 e T_3 diminuíram para os animais aclimatados ao frio. Para os suínos aclimatados ao calor, a alteração na temperatura ambiente/2 horas, não afetou os níveis plasmáticos de T_4 , mas, aumentou levemente a concentração plasmática de T_3 . A análise estatística revelou existirem diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os grupos, 2 horas após a mudança na temperatura ambiente. Nos dias subsequentes à alteração da temperatura ambiente, o nível plasmático de T_4 aumen

o---o aclimatados ao frio (n = 8)
 ●---● aclimatados ao calor (n = 8)

PROC. C 33

FLS. 19

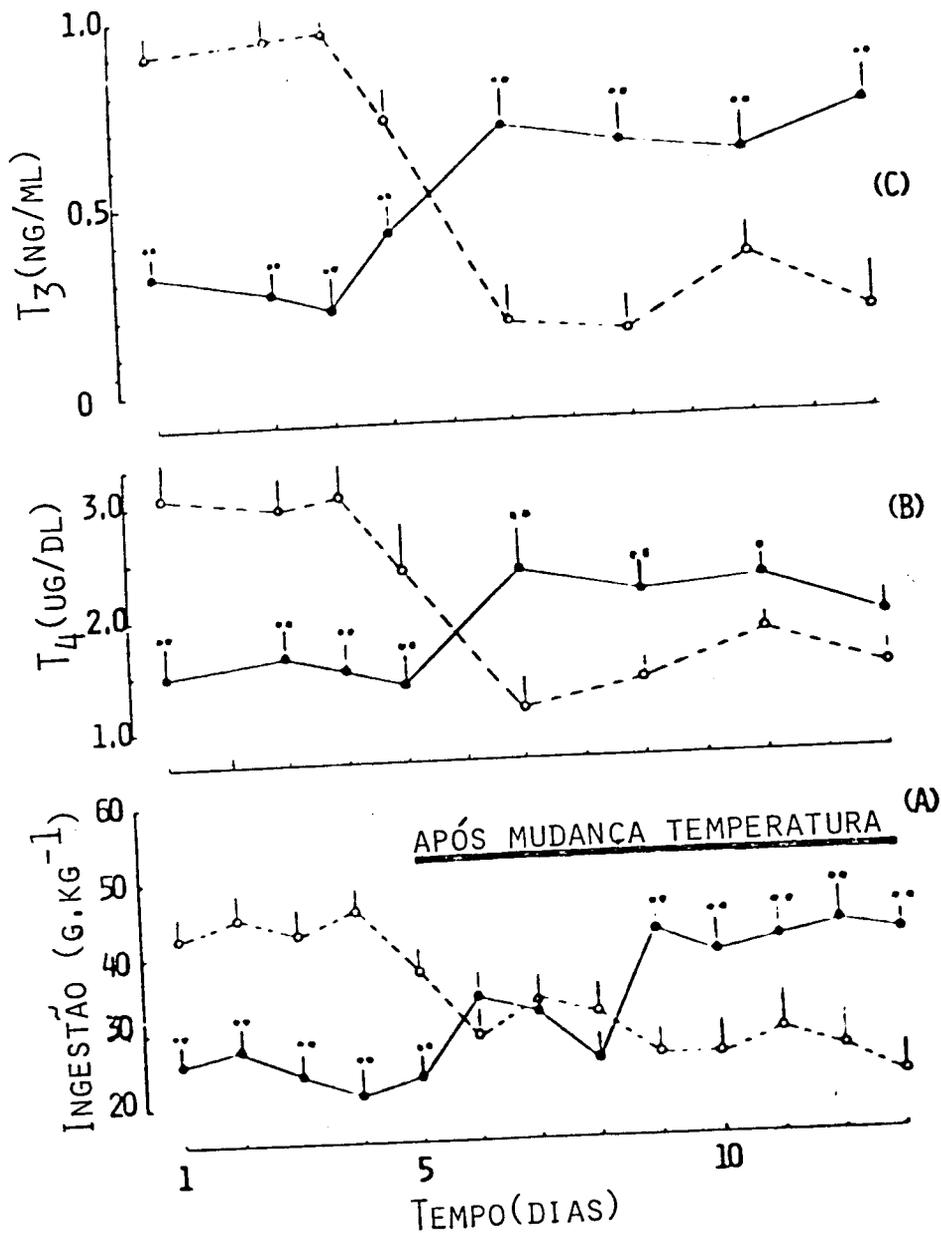


FIGURA 10 - Ingestão de alimento e níveis plasmáticos dos hormônios tireoideanos (T_4 e T_3) em suínos normais aclimatados ao frio (12°C) e calor (32°C) antes e após a mudança da temperatura ambiente. Os resultados e diferenças estatísticas entre os grupos são expressos em médias \pm EPM e * $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$, respectivamente.

tou para os suínos aclimatados ao calor e diminui para os animais aclimatados ao frio, sendo os valores estatisticamente diferentes ($P < 0,01$).

5.3.2. Influência da Redução nos Níveis de Hormônios Tiroideanos sobre a Ingestão de Alimento.

Parte II.

Neste experimento, os animais dos grupos I e II, isto é, animais aclimatados ao frio e calor, após a tireoidectomia foram mantidos nas suas respectivas temperaturas de aclimatação.

O objetivo deste experimento foi estudar se a redução nos níveis plasmáticos dos hormônios tiroideanos influenciava a ingestão de alimento de animais previamente aclimatados ao frio e calor.

A quantidade ingerida e o tempo gasto na alimentação durante a aclimatação foram 52 e 32g/kg e 63 e 78 min., para os suínos no frio e calor, respectivamente, e a análise de variância mostrou existir diferenças entre os grupos ($P < 0,01$). Após a tireoidectomia, uma redução na ingestão de alimento foi observada para ambos os grupos (Fig. 11), sendo esta redução maior para os suínos aclimatados ao frio. Apesar da redução na ingestão, após a tireoidectomia, os suínos, no frio, apresentaram uma ingestão significativamente maior do que os animais no calor.

Os níveis plasmáticos dos hormônios tiroideanos, antes da tireoidectomia foram significativamente diferentes entre os grupos ($P < 0,01$, Fig. 11). No 5º e 13º dias após a tireoidectomia, não foram detectados hormônios circulantes, de acordo com a sensibilidade do ensaio.

Níveis de T_4 e T_3 no plasma
 antes da tireoidectomia

	T_4 ($\mu\text{g/dl}$)	T_3 (ng/ml)
Calor	$1,1 \pm 0,05$	$0,4 \pm 0,06$
Frio	$2,2 \pm 0,20$	$0,9 \pm 0,10$

↓ Níveis de T_4 e T_3 não detectados
 pelo ensaio

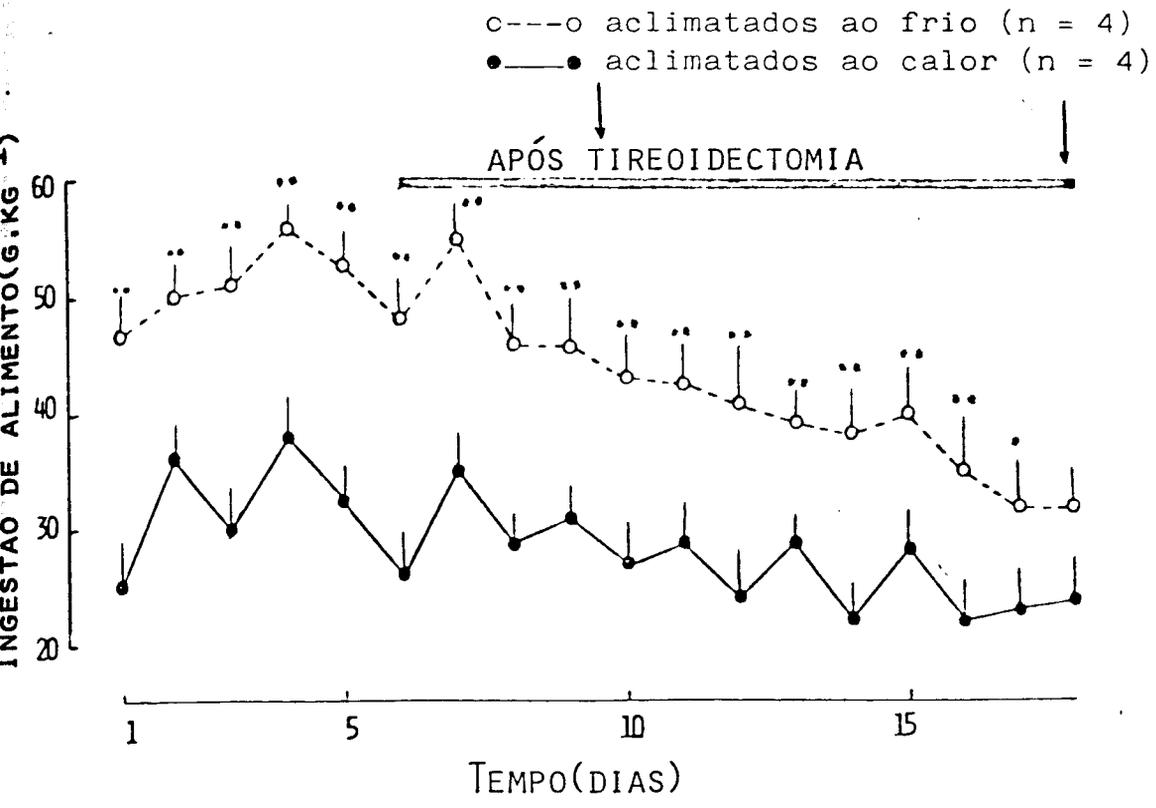


FIGURA 11 - Efeito da tireoidectomia sobre a ingestão de alimento em suínos acimatados ao frio (12°C) e calor (32°C). Os resultados e diferenças estatísticas entre os grupos são expressados em médias \pm EPM e * $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$, respectivamente. São mostrados, ainda, os níveis plasmáticos de T_4 e T_3 antes da tireoidectomia.

Os animais dos Grupos III e IV, isto é, animais aclimatados ao frio e calor e, após a tireoidectomia, eram submetidos à temperaturas ambientais diferentes, ou seja, alteração da temperatura ambiente. A ingestão média durante a aclimação foi 47 e 34g/kg, e o tempo de ingestão, 58 e 74 min., para os suínos no frio e calor, respectivamente. Os níveis plasmáticos de T_4 e T_3 antes da tireoidectomia são mostrados na Fig. 12. Após a tireoidectomia e alteração na temperatura ambiente, a ingestão de alimento diminuiu significativamente, para os animais no frio, mas, não apresentou diferença para os suínos, no calor, após o segundo e terceiro dias de tireoidectomia. Contudo, 4 dias após a mudança na temperatura ambiente e, nos dias subsequentes, a ingestão foi significativamente diferente ($P < 0,01$) entre os grupos. A diferença obtida na ingestão de alimento entre os grupos, foi, principalmente, devido a uma diminuição nos animais aclimatados ao frio, do que um aumento nos aclimatados ao calor.

Níveis de T_4 e T_3 no plasma
antes da tireoidectomia

	T_4 ($\mu\text{g/dl}$)	T_3 (ng/ml)
Calor	$1,23 \pm 0,15$	$0,46 \pm 0,05$
Frio	$2,81 \pm 0,21$	$0,80 \pm 0,10$

↓ Níveis de T_4 e T_3 não detectados
pelo ensaio

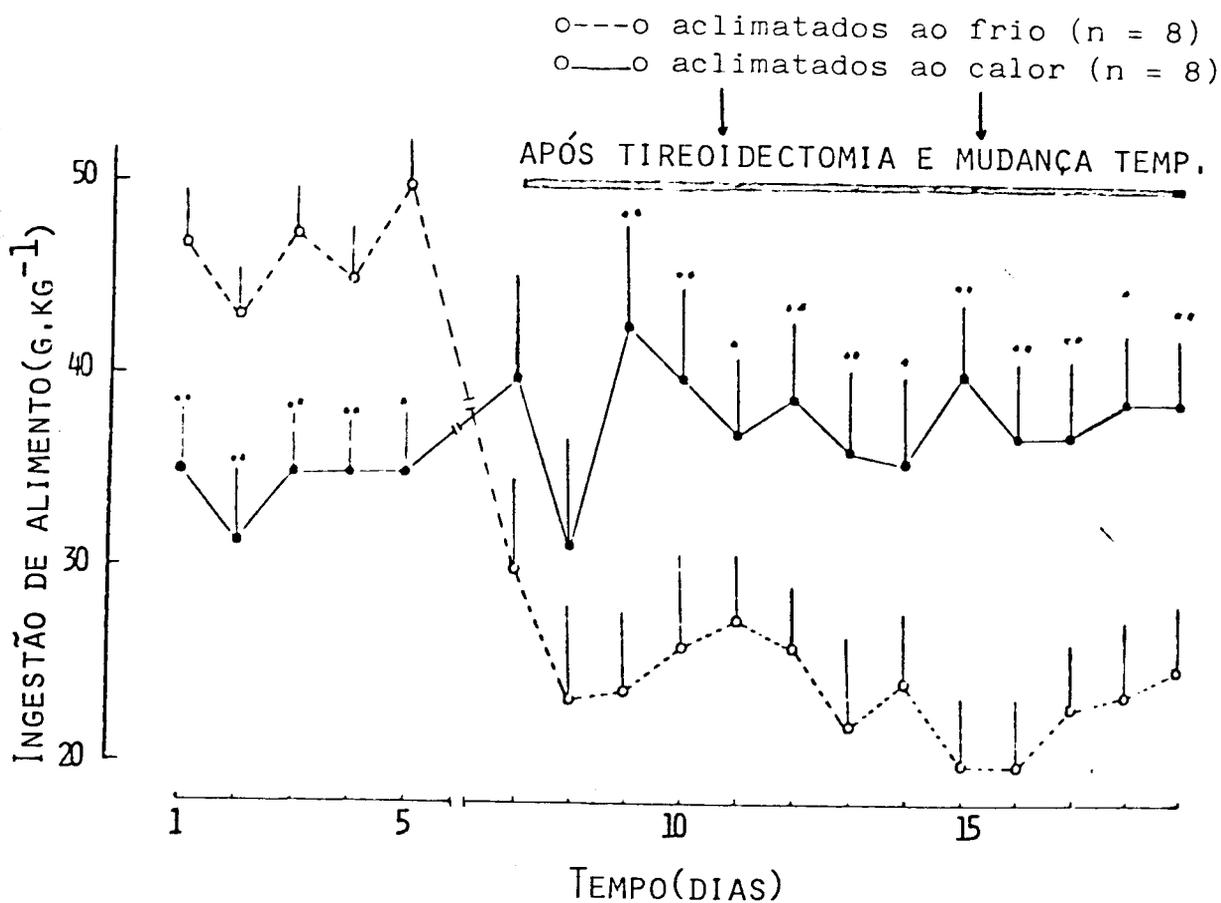


FIGURA 12 - Efeito da tireoidectomia e da mudança da temperatura ambiente sobre a ingestão de alimento em suínos aclimatados ao frio (12°C) e calor (32°C). Resultados e diferenças estatísticas entre os grupos são expressados em médias \pm EPM e * $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$, respectivamente. Para os suínos aclimatados a 32°C a ingestão de alimento antes e após tireoidectomia e mudança de temperatura não apresentaram diferenças estatísticas. Os níveis plasmáticos dos hormônios tireoideanos antes da tireoidectomia são também mostrados.

6. DISCUSSÃO

6.1. EXPERIMENTO I

Estudo de aclimatação em diferentes temperaturas ambientais tem sido conduzido em muitas espécies (CHAFFEE e ROBERTS, 1971), mas em poucas investigações tem sido a energia ingerida controlada. Se os animais homeotermos vivem no calor ou no frio, para aqueles que vivem no frio a ingestão de energia aumenta para atender a demanda termorreguladora, enquanto que no calor a ingestão de energia diminui (HAMILTON, 1976). Alteração na ingestão de energia, mesmo na ausência de mudanças na temperatura ambiente, afeta diversos sistemas fisiológicos. Animais ingerindo alta energia têm elevada taxa metabólica de repouso e este fato aumenta a tolerância ao frio e diminui a temperatura crítica (GRAHAM e cols., 1959, em ovelhas; CLOSE e cols., 1971, em suínos; DAUNCEY, 1980, em humanos).

Um aumento na ingestão de energia também afeta o comportamento termorregulador (WEISS, 1957, em camundongo, BALDWIN e INGRAM, 1968, em suínos). Algumas alterações nos parâmetros fisiológicos, as quais ocorrem após a aclimação podem, contudo, estar relacionadas com o concomitante aumento na ingestão de energia, do que a temperatura ambiental per se.

O suíno em crescimento é um animal útil para o estudo da interação entre temperatura e nutrição, pois a ingestão "ad libitum" é grande mesmo em altas temperaturas ambientais, e assim quantidades marcadamente diferentes de alimento podem ser ingeridas tanto no calor como no frio.

Os resultados deste experimento mostraram que 24 horas após a última refeição, a qual era usualmente ingerida em 2 horas, os suínos aclimatados ao frio (10°C) tinham temperatura retal menor do que os suínos aclimatados ao calor. Temperatura retal mais baixa, tem sido descrita em humanos vivendo no frio e, grupos tais como os aborígenes australianos, os quais têm sido expostos ao frio por longo período de tempo, toleram o inverno com temperaturas corporais mais baixas, mas sem tremor muscular (WYNDHAM e MORRISON, 1958; HAMMEL e cols., 1959). A diminuição da temperatura corpórea no frio pode ser descrita como um processo vantajoso, pois menos energia será requerida para regular a temperatura corporal em mais baixas temperaturas ambientais.

O nível de energia na dieta foi também verificado influenciar a temperatura retal, particularmente nos animais aclimatados a 10°C , pois os animais com alta energia na dieta tiveram temperatura retal maior. Se aos animais aclimatados a 10°C fosse permitido comer à vontade, eles ingeririam mais alimento do que a quantidade usualmente oferecida e, assim, teriam duas influências opostas sobre a temperatura corporal. As

sim, a temperatura corporal de um animal depende do balanço entre as influências relativas da temperatura ambiente e a energia ingerida. Por exemplo, HAMILTON e BROBECK (1964) relataram que em ratos, os quais tinham sido expostos ao frio 3 semanas e permitido comer à vontade, tinham temperatura corporal maior do que os controles.

A temperatura retal elevada associada à temperatura ambiente de 35°C parece não conferir nenhuma vantagem aos animais. É verdade que altas temperaturas corporais aumenta o gradiente sobre o qual o calor é perdido, mas o efeito Arrhenius van't Hoff aumenta a taxa metabólica e, aumenta a sobrecarga de calor. Entretanto, está claro que os animais, no presente estudo, têm tolerância ao calor muito diferentes, desde que aqueles animais aclimatados a 10°C (10B) não puderam ser testados a 35°C , sem o risco de uma severa hipertermia. Esta diferença na tolerância está, provavelmente, associada a algumas propriedades fisiológicas adquirida pelos animais a 35°C , do que os suínos aclimatados a 10°C , desde que diferenças na tolerância tem sido demonstrada, previamente, entre suínos vivendo a neutralidade térmica (26°C) ou no calor (35°C) (INGRAM, 1977).

Contrastando com a temperatura retal, a temperatura da pele, nas extremidades, foram maiores para os suínos aclimatados ao frio do que no calor, enquanto que a ingestão de energia, virtualmente não teve nenhum efeito. Situação similar já foi descrita em humanos adultos. Estudos em pescadores Gaspé mostraram que nestes indivíduos, os quais habitualmente têm que inserir suas mãos na água fria enquanto trabalham, têm fluxo sanguíneo maior nas mãos e toleram as condições de frio melhor do que os controles (LEBLANC e cols., 1960). Como consequência deste alto fluxo sanguíneo e também maior perda de calor, os pescadores Gaspé têm uma resposta exagerada ao res

friamento total do corpo, e apresentam maior tremor do que os controles, na mesma situação. De forma similar, a temperatura periférica e o fluxo sanguíneo tem sido encontrados serem maiores nos povos eskimó do que europeus (BROWN e cols., 1954). Esta proteção contra o resfriamento tecidual, a qual é obtida pelo aumento do fluxo sanguíneo, é possível somente através do uso de maior quantidade de energia para produção de calor, mas, apesar de requerimento extra de calor, existiu pouca evidência de uma redução na temperatura periférica quando a ingestão de energia era baixa, para os animais aclimatados ao frio (dados deste experimento).

Considerações a respeito das taxas de consumo de oxigênio, sugerem que, em qualquer temperatura ambiente, a taxa metabólica é influenciada mais pela ingestão de energia, do que pela temperatura. Por exemplo, à temperatura teste de 10°C , houve uma grande diferença na taxa de consumo de oxigênio entre os suínos com alta e baixa energia, tanto para os animais aclimatados ao frio ou calor. Por outro lado, houve pequena diferença entre 35A e 10A, ou entre 35B e 10B. Os testes estatísticos realizados para separar os efeitos de energia e temperatura, revelaram que para cada temperatura teste, na qual a taxa metabólica foi medida, houve um efeito relacionado com a energia ingerida, mas não de temperatura. Os resultados, assim indicam que a resposta metabólica a uma dada temperatura não é influenciada apenas pela prolongada exposição ao frio ou calor. Em condições nas quais os animais podem comer a vontade, diferenças na taxa metabólica, as quais são aparentemente relacionadas devido a temperatura ambiente, se desenvolvem por que os animais no frio ingerem maior quantidade de energia.

A taxa metabólica a 27°C é de particular significado porque foi a temperatura termo-neutra para todos os gru

pos experimentais. Nesta temperatura não ocorre tremor muscular, nem hipertermia, e a taxa de consumo de oxigênio determina uma estimativa da taxa metabólica basal. Nesta temperatura teste houve uma diferença relacionada ao efeito de energia ingerida e não de temperatura de aclimatação. A análise estatística, entretanto, mostrou existir uma interação significativa entre energia e temperatura, a qual indicou que o efeito de energia ingerida sobre a taxa metabólica foi significativamente maior nos animais aclimatados ao frio do que no calor. Assim, a taxa metabólica basal, à neutralidade térmica, é influenciada indiretamente pela temperatura de aclimatação, porque a mesma modifica o efeito da energia ingerida.

Os resultados deste experimento mostraram que, em suínos jovens aclimatados a 10 ou 35°C, isto é, fora de sua zona de neutralidade térmica, a concentração dos hormônios tireoideanos, 16-21 horas após a aclimatação, pode ser influenciada pela energia ingerida, mas não pela temperatura de aclimatação. EASTMAN e cols. (1974) encontraram que, em humanos vivendo a 7°C/4 dias, houve um aumento na concentração plasmática de T₄ e T₃. Contudo, aos sujeitos foi permitido comer à vontade e, o frio deve ter estimulado a ingestão de alimento. Assim, tanto o efeito de energia como de temperatura devem ter influenciado o metabolismo dos hormônios tireoideanos.

Em humanos adultos, vivendo em condições termoneutra, a concentração de T₃ aumenta durante a alimentação (UTIGER, 1982), e diminui quando a ingestão de alimento é reduzida substancialmente (O'BRIAN e cols., 1980) ou no jejum (PALMBLAD e cols., 1977), apesar de nenhuma alteração na concentração de T₄ ser detectada. Recentes estudos em suínos, a 26°C, mostraram que apesar da não alteração das concentrações de T₄ e T₃, 16-21 horas após a alimentação, a ingestão de alimento

produz um aumento imediato no T_3 , e um lento aumento na concentração plasmática de T_4 (DAUNCEY e cols., 1982; DAUNCEY e cols., 1983).

A presente investigação indica que, quando medidas são feitas fora da zona de neutralidade térmica, as diferenças nas concentrações de T_3 e T_4 , estão ainda presentes, muitas horas após a alimentação.

Considerando os resultados deste experimento sobre as taxas de metabolismo dos hormônios tireoideanos, foi possível calcular o catabolismo como a quantidade de hormônio utilizada por unidade de tempo, assumindo que a secreção e o catabolismo estavam em equilíbrio durante o período das determinações. É importante salientar que o erro na estimativa do volume de distribuição, e assim a taxa catabólica, é maior para T_3 do que T_4 (DI STEFANO e FISHER, 1979), e que conseqüentemente existem limitações na forma precisa de interpretação dos resultados, tanto numérica como fisiológica.

Os animais com alta energia na ração tiveram uma taxa catabólica de T_4 mais rápida do que aqueles com baixa energia, e a taxa catabólica foi, também, maior no frio do que no calor. Diferenças nas taxas catabólicas de T_3 também foram encontradas, apesar de não apresentarem significância estatística. Desde que não existe razão para supor que T_4 e T_3 são secretados diferentemente pela glândula tireóide, poderia se esperar que as taxas catabólicas destes hormônios tenderiam a ser similares. Contudo, T_4 pode ser convertido para T_3 ou rT_3 (triiodotironina reversa) e alterações nos passos de conversão poderiam alterar as concentrações de T_4 e T_3 no plasma. Neste trabalho, não existe uma clara evidência para sugerir que o padrão de conversão periférica seja diferente como resultado da ingestão de energia, em oposição à temperatura ambiente.

Uma aumentada taxa de deiodinação periférica de T_4 tem sido encontrada em ratos, tanto expostos ao frio como durante a alimentação (HILLIER, 1968). Um aumento na taxa de conversão periférica de T_4 para T_3 também ocorre em homogenizados de fígado, in vitro, de ratos expostos ao frio/12 meses (SCAMMELL e cols., 1980). Contudo, a estes ratos foi permitido comer à vontade, e a resposta observada foi, assim, devido ao efeito combinado de temperatura e energia. A deiodinação de T_4 é estimulada pelas catecolaminas, de acordo com GALTON (1965) e HILLER (1968). Além do mais, a concentração de noradrenalina no plasma aumenta tanto em resposta à alimentação (INGRAM e cols., 1980, em suínos; WELLE e cols., 1980, em humanos) como na imediata exposição ao frio (BARRAND e cols., 1981). Apesar do nível de NA retornar à linha de base após 1 a 3 dias de exposição ao frio (BARRAND e cols., 1981), a extensão pela qual o metabolismo de catecolaminas é influenciado pela exposição, por várias semanas, e diferentes dietas ou temperaturas ambientais, não é ainda conhecido. Por outro lado, é ainda possível que o catabolismo de T_4 , em resposta às diferentes dietas e temperaturas ambientais, seja mediado, pelo menos em parte, pela noradrenalina.

Outra característica do metabolismo dos hormônios tireoideanos em suínos, é seu rápido catabolismo (degradação), especialmente de T_3 , cuja vida média é de somente 1-2 horas. Estes achados foram também obtidos por INGRAM e RAMSDEN (1981), e contrastaram com a vida média muito maior verificada em humanos adultos. A razão do tamanho do "pool" de $T_4:T_3$ no organismo é também diferente, sendo 6:1 nos suínos comparada com 20:1 nos humanos. Contudo, o volume de distribuição por unidade de peso corporal e as concentrações plasmáticas dos hormônios são similares nas duas espécies. Investigações posteriores são

necessárias para determinar se as diferenças no metabolismo dos hormônios tireoideanos entre suínos em crescimento e adultos, estão relacionadas à espécie ou à idade, pois existe uma indicação que a função tireoideana é maior em crianças do que nos adultos (GREGERMAM e DAVIS, 1978).

A morfologia da glândula pode dar uma indicação muito sensível das diferenças relacionadas ao efeito estimulador da energia da dieta, em oposição a temperatura ambiente. As alterações associadas com a ingestão extra de energia, envolvem um aumento da altura do epitélio e na área total glandular, mas desde que a taxa núcleo/citoplasma não se altere, é possível que as células tornem-se maiores (mais altas) e mais numerosas, do que mais largas. Outra alternativa é tanto o núcleo como o citoplasma aumentar de volume (LUDWIG, 1950). No presente trabalho, o peso relativo da glândula não foi afetado, tanto pela dieta como pela temperatura e, assim, parece pouco provável que qualquer proliferação celular significativa tenha ocorrido. Contudo, TUFFERY e ANDREWS (1981), mostraram que, ratos alimentados à vontade e expostos ao frio/24 horas, tiveram um aumento da atividade mitótica nas células foliculares da glândula tireóide.

STARR e ROSKELLY (1940) estudaram a histologia tireoideana de ratos mantidos em diferentes temperaturas ambientais, e encontraram que a altura do epitélio aumentava no frio, após 6 semanas de exposição e posteriormente voltava ao normal. Os autores controlaram a composição da dieta, mas não a quantidade total de energia ingerida, bem como o isolamento térmico externo. A comparação feita pelos autores, pode ser similar à comparação entre os animais 35B e 10A, deste trabalho, e as diferenças observadas naquele experimento, poderiam estar relacionadas mais com a ingestão de energia do que com a temperatu

ra ambiente. O declínio da diferença após 6 semanas de exposi
ção poderia estar relacionada à diminuição da sensibilidade teci
dual aos hormônios, ou ao aumento do isolamento externo.

6.2. EXPERIMENTO II

Os resultados obtidos quando os animais foram permitidos pela primeira vez comer à vontade, demonstraram, como esperado, dois aspectos. Primeiro, os animais aclimatados a 10°C comeram mais do que aqueles a 35°C e, segundo, os animais que estavam previamente submetidos a baixa energia, comeram mais do que aqueles submetidos a alta energia. Após duas horas à neutralidade térmica, 25°C , a ingestão ainda mostrava estas diferenças, apesar da diferença entre os grupos ter diminuído. Mesmo após 24 horas a 25°C , ainda havia um efeito significativo da temperatura de aclimação sobre a ingestão de alimento; aqueles aclimatados ao frio comiam mais do que os animais aclimatados ao calor.

Para um determinado nível energético, os suínos aclimatados ao frio cresceram mais lentamente do que aqueles ao calor. Entretanto, pode ser questionado que, quando aos animais foi permitido comer à vontade, a ingestão extra de energia pelos animais aclimatados ao frio foi em resposta a algum requerimento para alcançar uma taxa de crescimento geneticamente programada. Contudo, este argumento parece não ser válido para os animais 10A e 35B, porque apesar da similaridade no peso corporal, os animais 10A ainda tiveram uma ingestão voluntária muito alta, mesmo quando colocados à neutralidade térmica e o efeito persistiu por vários dias. O efeito residual da temperatura de aclimação sobre a ingestão de alimento, na neutralidade térmica, parece não ser apenas influenciado pela taxa de crescimento. Entretanto, o fato de que dois grupos apresentaram pesos corporais similares, não significa que os mesmos tenham a mesma composição corporal, e a possibilidade de que a ingestão de alimento seja influenciada pela quantidade de tecido metabo

licamente ativo ainda persiste. Por exemplo, animais no frio e com alta ingestão de energia têm menos gordura e mais massa muscular do que animais mantidos no calor, com baixa energia (DAUNCEY e INGRAM, 1983).

A interação entre energia ingerida e utilizada foi discutida recentemente por JAMES e cols. (1981). Os autores descreveram que em alguns estudos, a ingestão de alimento parece ser determinada, pelo menos em parte, pelo nível de energia utilizada, como exemplo, homens utilizando trabalhos físicos extenuantes (Masterson e cols., 1975) ou mulheres em lactação (THOMSON e cols., 1970).

Neste trabalho, primeira semana de experimento, os resultados mostraram existir uma relação linear entre ingestão de alimento e taxa metabólica, para os animais transferidos de 35 para 25°C, e, para todos animais quando as observações foram feitas a 25°C. Mas, para os animais transferidos de 10 para 25°C, a grande redução na taxa metabólica foi associada com apenas uma pequena redução na ingestão de alimento. Uma explicação parcial para estes achados é que, a 10°C a quantidade de alimento ingerida dentro de duas horas, era limitada à capacidade física do estômago, de modo que no frio, a ingestão parou antes de que a demanda metabólica tenha sido satisfeita.

Um fator que complica a interpretação destes achados é que a ingestão de ração, com alta energia, em um dia, aumenta a taxa metabólica no dia subsequente (DAUNCEY, 1980). Assim, animais que tinham ingerido uma grande quantidade de alimento no frio, teriam uma taxa metabólica mais alta quando medido no dia subsequente, com apenas uma hora a 25°C e, podem por esta razão também, apresentar maior ingestão de alimento. A elevação na taxa metabólica associada com a ingestão de alta energia é, contudo, pequena quando comparada com as alterações

obtidas quando da mudança de temperatura ambiente. Além do mais, se a taxa metabólica é o fator determinante no controle da ingestão de alimento, o animal entraria em um mecanismo de retroalimentação positivo, o que parece pouco provável que ocorra.

Um fator que poderia influenciar a quantidade de alimento ingerido é a taxa pela qual o estômago se esvazia (esvaziamento gástrico), e esta idéia foi investigada por KRALY e BLASS (1976). Em ratos, estes autores encontraram que uma dada quantidade de alimento era esvaziada do estômago mais rapidamente no ambiente frio do que no calor. Além disso, a taxa de esvaziamento era estabelecida após 90 minutos de exposição a nova temperatura ambiente. Este mecanismo ajuda a explicar os achados obtidos neste experimento, ou seja, maior ingestão dos animais a 10 do que 35°C, mas não explica a elevada ingestão após 24 horas ou mais, a 25°C. Por outro lado, também não explica a grande quantidade de alimento ingerido pelos animais aclimatados ao frio e transferidos a 25°C. É também conhecido que em suínos, o tempo total de trânsito no trato gastro-intestinal é inversamente relacionado com a quantidade de alimento ingerido (CASTLE e CASTLE, 1956, 1957). Assim, a grande quantidade de alimento ingerido pelos animais aclimatados ao frio, quando permitidos se alimentar à vontade, provavelmente aumentou a taxa de esvaziamento gástrico, aumentando, assim, a ingestão no dia subsequente.

6.3. EXPERIMENTO III

Os resultados deste experimento mostraram, como esperado, que a ingestão de alimento é temperatura dependente, desde que os animais expostos ao frio comeram mais do que os expostos ao calor, e as concentrações plasmáticas dos hormônios tireoideanos (T_4 e T_3) foram maiores nos suínos aclimatados ao frio. Contudo, após a mudança na temperatura ambiente, a ingestão de alimento mostrou ser dependente da presença dos hormônios tireoideanos, pois os animais aclimatados ao calor, e tireoidectomizados, não aumentaram a ingestão de alimento quando transferidos para o frio.

Era anteriormente suposto que a ingestão de alimento nos homeotermos dependia da taxa metabólica, pois no ambiente frio, tanto a ingestão de alimento quanto a taxa metabólica são elevadas. Por outro lado, muitos experimentos têm mostrado que animais expostos ao frio têm atividade tireoideana maior do que os animais expostos ao calor (BROOKS e cols., 1962; INGRAN e SLEBODZINSKI, 1965). Desta forma, a interrelação entre ingestão de alimento, taxa metabólica e atividade tireoideana parece ser bem definida para os animais expostos ao frio e calor. Contudo, pouco é sabido a respeito dos mecanismos fisiológicos envolvidos na ingestão de alimento após a mudança na temperatura ambiente. Apesar da demanda energética para crescimento ou termorregulação em temperatura ambiente alterada, em apenas alguns experimentos têm sido mostrado que a ingestão de alimento não se altera abruptamente para alcançar a demanda de uma nova temperatura ambiente (DONHOTTER e VONOTZKY, 1947; DURRER e HANNON, 1962; WEISS, 1958). Foi mostrado no Experimento II, que suínos aclimatados ao frio (10°C) quando

transferidos para a zona de neutralidade térmica (25°C), a ingestão de alimento, somente é, parcialmente ajustada, após vários dias de exposição, apesar do rápido declínio na taxa metabólica. Os resultados obtidos na parte I deste Experimento, mostram que quando suínos são transferidos do frio para o calor, ou vice-versa, o novo equilíbrio na ingestão de alimento somente é alcançado 3-4 dias após a mudança na temperatura ambiente. O mesmo padrão de resposta foi encontrado por SEALANDER (1952) em camundongos, quando os animais foram transferidos do ambiente controle para o frio ou calor. Por outro lado, HAMILTON (1964), estudando a ingestão de alimentos em primatas, relatou existir uma tendência para redução da ingestão de alimento no calor, mas nenhum aumento no frio.

Várias hipóteses podem ser formuladas na tentativa de explicar o ajuste alimentar após a alteração na temperatura ambiente. Primeira, a ingestão de alimento pode ser influenciada pela diferença na composição corporal entre os animais aclimatados ao frio ou calor, como mostrado por DAUNCEY e INGRAM (1983). Segunda, a capacidade física do estômago pode ser maior nos suínos aclimatados ao frio, pois neste experimento foi permitido aos animais comer à vontade durante o período de aclimação, e os animais no frio comeram mais do que os animais no calor. Assim, quando os animais aclimatados ao calor foram transferidos para ambientes frios, a quantidade de alimento ingerido foi limitada, primariamente pela capacidade do estômago, do que pela exigência para crescimento e termorregulação, nesta nova temperatura ambiental. Terceira, a massa metabolicamente ativa associada com alta taxa metabólica pode "regular" a ingestão de alimento em diferentes temperaturas ambientais. Alguns experimentos têm sugerido a participação hormonal neste processo, pois é suposto que os hormônios são agentes que

alteram a massa metabolicamente ativa no organismo. Entre os diferentes hormônios que podem causar um importante aumento na massa metabolicamente ativa do organismo estão as catecolaminas e hormônios tireoideanos, principalmente devido a seus efeitos calorigênicos (BROWN-GRANT, 1956; CARLSON, 1960). Neste experimento, foi verificada uma maior concentração plasmática dos hormônios tireoideanos nos animais aclimatados ao frio, sugerindo, assim, maior quantidade de tecido metabolicamente ativo e, conseqüentemente, maior taxa metabólica e maior ingestão de alimento.

A participação dos hormônios tireoideanos no controle da ingestão de alimento foi sugerida por DONHOFFER e VONOTZKY (1947), que observaram um aumento na ingestão de alimento, em camundongos, após o tratamento com tiroxina. MACARI (1984) também mostrou que a ingestão de alimento em suínos é, pelo menos em parte, dependente dos hormônios tireoideanos, pois a tireoidectomia reduziu a ingestão em animais expostos à temperatura termo-neutra. O presente experimento mostra que a tireoidectomia também influencia a ingestão de alimento no ambiente frio ou quente, e que os hormônios tireoideanos desempenham um importante papel em aumentar a ingestão, particularmente em animais aclimatados ao calor e transferidos para ambiente frio. A falta dos hormônios tireoideanos parece afetar algum mecanismo que determina o aumento na ingestão durante a exposição ao frio. Apesar de HAMILTON (1963) ter relatado que animais tireoidectomizados aumentam a ingestão no frio, nossos resultados também mostraram um aumento na ingestão de alimento nos animais aclimatados ao calor quando transferidos para o frio, mas a ingestão não foi estatisticamente diferente antes (no calor) e após (no frio) a tireoidectomia. Os resultados deste experimento su

portam a hipótese de que os hormônios tireoideanos parecem desempenhar um importante papel no aumento da massa metabolicamente ativa no organismo e, indiretamente, aumentar a ingestão de alimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDWIN, B.A. and INGRAM, D.L. The effects of food intake and acclimatization to temperature on behavioral thermoregulation in pigs and mice. Physiol. Behav., 3:395-400, 1968.
- BARNETT, S.A. and MOUNT, L.E. Resistance to cold in mammals. In: Thermobiology, ed. by ROSE, A.H., ch. 12. New York and London, Academic Press, 1967.
- BARRAND, M.A.; DAUNCEY, M.J. and INGRAM, D.L. Changes in plasma noradrenaline and adrenaline associated with central and peripheral thermal stimuli in pigs. J. Physiol. London, 316:139-152, 1981.

BLAXTER, K.L.; GRAHAM, N. McC.; WAINMAN, F.W. and ARMSTRONG, D. G. Environmental temperature, energy metabolism and heat regulation in sheep. II. The partition of heat losses in closely clipped sheep. J. Agric. Sci. Cambs, 52:25-40, 1959.

BLIGH, J. Temperature regulation in mammals and other vertebrates. Amsterdam and London, North Holland, 1973.

BLIGH, J. and JONHSON, K.G. Glossary of terms for thermal physiology. J. Appl. Physiol., 35:941-961, 1973.

BODENHEIMER, F.S. Problems of animal ecology. Oxford: Oxford University Press, 1938.

BROOKS, J.R.; PIPES, G.W. and ROSS, C.V. Effect of temperature on the thyroxine secretion rate of rams. J. Anim. Sci., 21:414-417, 1962.

BROWN-GRANT, K. Changes in the thyroid activity of rats exposed to cold. J. Physiol. (London), 131:52-57, 1956.

BROWN, G.M.; BIRD, G.S.; BOAG, T.J.; BOAG, L.M.; DELALAYE, J.D.; GREEN, J.E.; HATCHER, J.D. and PAGE, J. The circulation in cold acclimatization. Circulation, 9:813-822, 1954.

BROWN, D. and MOUNT, L.E. The metabolic body size of the growing pigs. Livestock Prod. Science, 9:389-398, 1982.

CARLSON, L.D. Nonshivering thermogenesis and its endocrine control. Fed. Proc., 19:25-30, 1960.

CASTLE, E.J. and CASTLE, E.M. The rate of passage of food through the alimentary tract of pigs. J. Agric. Sci. Cambs, 47:196-203, 1956.

CASTLE, E.J. and CASTLE, E.M. Further studies of the rate of passage of food through the alimentary tract of pigs. J. Agric. Sci. Cambs, 49:106-112, 1957.

CATZ, B.; RAWI, I.E. and GEIGER, E. Activity of thyroid of cold-exposed rats evaluated by ^{131}I uptake and histometric studies. Am. J. Physiol., 174:29-32, 1953.

CHAFFEE, R.R.J. and ROBERTS, J.C. Temperature acclimatization in birds and mammals. Ann. Rev. Physiol., 33:155-202, 1971.

CHEVILLAND, L.; GIONO, H.; RANSON, M. and LAURY, N.C. Etude de la veso-motricits peripherique chez le combage apres administration de veso-dilatateurs. J. Physiol. Paris, 52:49-51, 1960.

CLOSE, W.H.; MOUNT, L.E. and START, I. The influence of environmental temperature and plane of nutrition on heat losses from groups of growing pigs. Anim. Prod., 13:285-294, 1971.

COTTLE, M. and CARLSON, L.D. Turnover of thyroid hormone in cold-exposed rats determined by radio active iodine studies. Endocrinol., 59:1-11, 1956.

CURTIS, A.S.G. Area and volume measurements by random sampling methods. Med. Biol. Illustr., 10:261-266, 1960.

DANFORTH, E.Jr.; TYZBIR, E.D.; HORTON, E et al. Reciprocal changes in serum triiodothyronine(T3) and reverse T3(rT3) induced by altering the carbohydrate content of the diet. Clin. Res. 72 : 271A, 1976.

DAVIDSON, M.B. and CHOPRA, I.J. Effect of carbohydrate and noncarbohydrate sources of calories on plasma 3,5,3' - triiodothyronine concentration in man. J. Clin. Endocrinol., 48:577-581, 1979.

DAUNCEY, M.J. Metabolic effects of altering the 24 hour energy intake in man, using direct and indirect calorimetry. Br. J. Nutr., 43:257-269, 1980.

DAUNCEY, M.J.; INGRAM, D.L.; MACARI, M. and RAMSDEN, D. B. Increase in plasma concentration of thyroid hormones in piglets after a meal. J. Physiol., London, 327:90-91P, 1982.

DAUNCEY, M.J. and INGRAM, D.L. Evaluation of the effects of environmental temperature and nutrition on body composition. J. Agric. Sci., Cambs, 101:351-358, 1983.

DAUNCEY, M.J.; INGRAM, D.L.; WALTERS, D.E. and LEGGE, K.
Evaluation of the effects of environmental temperature and
nutrition on growth and development. J. Agric. Sci., Camb.,
101:291-299, 1983.

DAUNCEY, M.J.; RAMSDEN, D.B.; KAPADI, A.L.; MACARI, M. and
INGRAM, D.L. Increase in plasma concentration of 3,5,3' -
triiodothyronine and thyroxine after a meal and its
dependence on energy intake. Horm. Metab. Res., 15:499-502,
1983.

DI STEFANO, J.J.A. and FISHER, D.A. Peripheral distribution
and metabolism of the thyroid hormones: a primary quantitati-
ve assessment. In: The thyroid, physiology and treatment
of disease, ed. by HERSHMAN, J.M. & BRAY, G.A. pp. 47-82,
Oxford: Pergamon Press, 1979.

DONHOFFER, S. and VONOTZKY, J. The effect of environmental
temperature on food selection. Am. J. Physiol., 150:334-339,
1947.

DURRER, J.L. and HANNON, J.P. Seasonal variations in caloric
intakes of dogs living in an arctic environment. Am. J.
Physiol., 202:375-378, 1962.

EASTMAN, C.J.; EKINS, R.P.; LEITH, I.M. and WILLIAMS, G. S.
Thyroid hormonal responses to prolonged cold exposure in man.
J. Physiol., London, 241:175-181, 1974.

- EVANS, S.E. and INGRAM, D.L. The effect of ambient temperature upon the secretion of thyroxine in the young pig. J. Physiol. London, 264:511-521, 1977.
- FULLER, M.F. The effect of environmental temperature on the nitrogen metabolism and growth of the young pig. Brit. J. Nutr., 19:531-546, 1965.
- GALTON, V.A. Thyroid hormone-catecholamins interrelationship. Endocrinol., 77:278-281, 1965.
- GRAHAM, N.McC.; WAINMAN, F.W.; BLAXTER, K.L. and ARMSTRONG, D.G. Environmental temperature, energy metabolism and heat regulation in sheep. I. Energy metabolism in closely sheep. J. Agric. Sci. Cambs, 52:13-24, 1959.
- GREGGERMAN, R.I. and DAVIS, P.J. Effects of intrinsic and extrinsic variables on thyroid hormone economy. In: The thyroid. A fundamental and clinical text., 4th ed, ed. by Werner, S.C. and Ingbar, S.H., pp. 223-246, Maryland: Harper & Row, 1978.
- HAMILTON, C.L. Interactions of food intake and temperature regulation in the rat. J. Comp. Physiol. Psychol., 56:470-488, 1963.
- HAMILTON, C.L. Interactions of water, food and temperature regulation in the monkey. In: Thirst, ed. by M. Wayner, Oxford: Pergamon Press, pp. 45-54, 1964.

- HAMILTON, C.L. Environmental, temperature and feeding behaviour. In: Progress of Biometeorology. Div. B., vol.1, part.I, ed. by Tromp, S.W. pp. 174-183. Swets & Zeitlinger, Amsterdam, 1976.
- HAMILTON, C.L. and BROBECK, J.R. Food intake and temperature regulation in rats with rostral hypothalamic lesions. Am. J. Physiol., 207:201-297, 1964.
- HAMMEL, H.T.; ELSNER, R.W.; LE MESURIER, D.H.; ANDERSEN, H. T. and MILAN, F.A. Thermal and metabolic responses of the Australian aborigine exposed to moderate cold in summer. J. Appl. Physiol., 14:605-615, 1959.
- HART, J.S. Geographic and season: mammals and birds. In: Adaptation to the environments, ed. by D.B. Hill, pp. 295-322, American Physiological Society, 1964.
- HEATH, M. The effects rearing-temperature on body conformation and organ size in young pigs. Comp. Biochem. Physiol., 77B: 63-72, 1984.
- HEROUX, O. Climatic and temperature induced changes in mammals. Rev. Can. Biol., 20:55-68, 1961.
- HEROUX, O.; DEPOCAS, F. and HART, J.S. Comparison between seasonal and thermal acclimation in white rats. I. Metabolic and insulative changes. Can. J. Biochem. Physiol., 37:473-478, 1959.

HEUSNER, A.A. Energy metabolism and body size. I. Is the 0,75 mass exponent of Kleiber's equation a statistical artifact? Resp. Physiol., 48:1-12, 1982.

HILLIER, A.P. The biliary faecal excretion of thyroxine during cold exposure in the rat. J. Physiol. London, 197:123-134, 1968.

INGRAM, D.L. Adaptation to ambient temperature in growing pigs. Pflügers Archiv. Ges. Physiol., 367:257-264, 1977.

INGRAM, D.L.; DAUNCEY, M.J.; BARRAND, M.A. and CALLINGHAM, B. A. Variations in plasma catecholamines in the young pig in response to extremes of ambient temperature compared with exercise and feeding. In: Catecholamines and Stress: Recent Advances, part IV, ed. by Usdin, E.; Kvetnansky, R. and Kopin, I. I., pp. 273-278. New York, Amsterdam, Oxford: Elsvier North, Holland, 1980.

INGRAM, D.L. and EVANS, S.E. Dependence of thyroxine utilization rate on dietary composition. Brit. J. Nutr., 43: 525-531, 1980.

INGRAM, D.L. and KACIULBA-USCILKO, H. The influence of food intake and ambient temperature on the rate of thyroxine utilization. J. Physiol. London, 270:431-438, 1977.

INGRAM, D.L. and MOUNT, L.E. Man and animals in hot environments. New York, Heidelberg, Berlin, Springer-Verlag 1975.

INGRAM, D.L. and RAMSDEN, D.B. The influence of energy intake on the metabolism of 3,5,3'-triiodothyronine and 3,3'5'-triiodothyronine in young pigs. J. Endocrinol., 88:141-146, 1981.

INGRAM, D.L. and SLEBODZINSKI, A. Oxygen consumption and thyroid gland activity during adaptation high ambient temperature in young pigs. Res. Vet. Sci., 6:522-530, 1965.

INGRAM, D.L. and WEAVER, M.E. A quantitative study on the blood vessels of the pigs skin and the influences of environmental temperature. Anat. Rec., 164:1-8, 1969.

JAMES, W.P.T.; TRAYHURN, P.; DAVIES, H.; CRISP, T. and RAVENSCROFT, C. Interactions of food intake and energy expenditure: an overview. In: The body weight regulatory system: normal and disturbed mechanisms, ed. by Ciaffi, L.A.; James, W.P.T. and Van Itallie, T.B.; pp. 147-152, Raven Press, New York, 1981.

JOLLY, M. and LYNE, A.G. The response of skin and wool growth to local subdermal temperature changes in sheep. J. Agric. Sci. Cambs, 75:501-515, 1970.

KERSLAKE, D.M.C.K. The stress of hot environments. Cambridge University Press, London, 1972.

KLEIBER, M. The fire of life. Huntington and New York: Robert E. Krieger Publ. Co., 1975.

KRALY, F.S. and BLASS, E.M. Increased feeding in rats in a low temperature. In: Hunger basic mechanisms and clinical implications, ed. by Novin, D.; Wyrwick, W. and Bray, G., pp. 77-87, Raven Press, New York, 1976.

LEBLANC, J.; HILDES, J.A. and HEROUX, O. Tolerance of gaspé fishermen to cold water. J. Appl. Physiol., 15:1031 - 1034, 1960.

LEBLANC, C.P.; GROSS, J.; PEACOCK, W. and EVANS, R.D. Metabolism of radioiodine in the thyroid of rats exposed to high and low temperatures. Am. J. Physiol., 140-671-676, 1944.

LEUNG, P.B.M. and HOROWITZ, B.A. Free-feeding pattern of rats in response to changes in environmental temperature. Am. J. Physiol., 231:1220-1224, 1976.

LITTLE, R.A. and STONER, H.B. The measurement of heat loss from the rats tail. Quart. J. Exp. Physiol., 53:76-83, 1968.

LUDWIG, K.S. Das zellkernvolumen in der schilddrüse normaler sowis mit thiouracil und thyroxin behandelter rahen. Acta Anat., 11:146-161, 1950.

LYNE, A.G.; JOLLY, M. and HOLLIS, D.E. Effects of experimentally produced local subdermal temperature changes on skin temperature and wool growth in sheep. J. Agric. Sci., Camb, 74:83-90, 1970.

MACARI, M. Food intake and thermic effect of feeding in thyroid-deficient pigs. Physiol. Behav., 32:245-251, 1984.

- MAC FARLANE, W.V. Adaptation to climatic zones and the ecophysiology of ruminants. In: Progress of animal biometeorology, vol. 1, part 1, ed. by H.D. Johnson, pp. 425-433, Swets and Zeitlinger, Amsterdam, 1976.
- MASTERSON, J.P.; LEWIS, H.E. and WIDDONSON, E.M. Food intakes, energy expenditure and faecal excretions of men on a polar expedition. Br. J. Nutr., 11:346-358, 1957.
- MORRIS, L. Periodicity and seasonal rhythm of wool growth in sheep. Nature, London, 190:102-103, 1962.
- MOUNT, L.E. The climatic physiology of the pig. London: Edward Arnold, 1968.
- MOUNT, L.E. The young pig and its physical environment. In: Energy metabolism, ed. by Blaxter, K.L., London: Academic Press, 1965.
- MOUNT, L.E. Effects of heat and cold on energy metabolism of the pig. In: Progress in animal biometeorology, vol.1, part. I, ed. by H.D. Johnson, pp. 227-238, Swets and Zeitlinger, Amsterdam, 1976b.
- O'BRIEN, J.T.; BYBEE, D.E.; BURMAN, K.D.; OSBURN, R.C.; KSIAZEK, M.R.; WARTAFSRY, L. and GEORGES, L.P. Thyroid hormone homeostasis in states of relative caloric deprivation. Metabolism, 29:721-727, 1980.

- PAIMELAD, J.; LEVI, L.; BURGER, A.; MELANDER, A.; WESTONE, U.;
von SCHENCK, H. and CRUDE, G. Effects of total energy
withdrawal (fasting) on the levels of growth hormone,
thyrotropin, cortisol, adrenaline, noradrenaline, T_4 , T_3
and rT_3 in health males. Acta Med. Scand., 201:15-22, 1977.
- PRECHT, H.; CHRISTOPHERSON, J.; HENSEL, H. and LARCHER, W.
Temperature and life. Spring-Berlag, 1973.
- RAND, C.G.; RIGGS, D.S. and TALBOT, H.B. The influence of
environmental temperature on the metabolism of the thyroid
hormone in the rat. Endocrinol., 51:562-569, 1952.
- REICHLIN, S. Control of thyrotropic hormone secretion. In:
Neuroendocrinology, vol. 1, ed. by Martini, L. & Ganong, W.
F., pp. 495-513, New York and London: Academic Press, 1966.
- SCAMMEL, J.G.; SHIVERICK, K.T. and FREGLY, M.T. In vitro hepatic
deiodination of l-thyroxine to 3,5,3'-triiodothyronine of
cold acclimated rats. J. Appl. Physiol., 49:386-389, 1980.
- SEALANDER, J.A. Food consumption in Peromyscus in relation to
air temperature and previous thermal experience. J. Mammol.,
33:206-218, 1952.
- SELLERS, E.A. and YOU, S.S. Role of the thyroid in metabolic
response to a cold environment. Am. J. Physiol., 163:81-91,
1950.

- STARR, P. and ROSKELLEY, R. A comparison of the effects of cold and thyrotrophic hormone on the thyroid gland. Am. J. Physiol., 130:849-856, 1940.
- THOMSON, A.M.; HYFTEN, F.E. and BILLEWICZ, W.Z. The energy cost of human lactation. J. Nutr., 24:565-572, 1970.
- TUFFERY, A.R. and ANDREWS, J.F. The mitotic response of rat thyroid follicular cells to cold exposure. J. Anat., 135:820-821, 1981.
- TYZBIR, R.S.; RUNIN, A.S.; SIMS, N.M. and DANFORTH JR, E. Influence of diet composition on serum triiodothyronine (T_3) concentration, hepatic mitochondrial metabolism and shuttle system activity in rats. J. Nutr., 111:252-259, 1981.
- UTIGER, R.D. Differing thyrotropin response to increased serum triiodothyronine concentrations produced by overfeeding and by triiodothyronine administration. Metabolism, 31:180-183, 1982.
- WEAVER, M.E. and INGRAM, D.L. Morphological changes in swine associated with environmental temperature. Ecology, 50:710-713, 1969.
- WEBSTER, A.J.F. Physiological effects of cold exposure. In: Environmental Physiology, ed. by Robertshaw, D., Ch. 2, London, Butterworths, Baltimore: University Park Press, 1974.

PROC. 633187
FLS. 225


WEBSTER, A.J.F.; HICKS, A.M. and HAYS, F.L. Cold climate and thermal insulation of sheep. Can J. Physiol. Pharmacol., 47: 553-562, 1969.

WEISS, B. Thermal behaviour of the subnourished and pantothenic acid deprived rats. J. Comp. Physiol. Psychol., 50:481-485, 1957.

WEISS, B. Effects of brief exposure to cold on performance and food intake. Science, 127:467-468, 1958.

WELLE, S.; LILAVIVATHANA, U. and CAMPBELL, R.G. Increased plasma norepinephrine concentrations and metabolic rates following glucose ingestion in man. Metabolism, 29:806-809, 1980.

WYNDHAM, C.H. and MORRISON, J.F. Adjustment to cold of bushmen in the kalahari desert. J. Appl. Physiol., 13:219-225, 1958.