



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

GRAZIELA DROCIUNAS PACHECO

**GANHO COMPENSATÓRIO DE SUÍNOS EM
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO E SEUS EFEITOS NA
QUALIDADE DA CARNE**

Londrina
2006

GRAZIELA DROCIUNAS PACHECO

**GANHO COMPENSATÓRIO DE SUÍNOS EM
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO E SEUS EFEITOS NA
QUALIDADE DA CARNE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Caio Abécio da Silva
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Bridi

Londrina
2006

GRAZIELA DROCIUNAS PACHECO

**GANHO COMPENSATÓRIO DE SUÍNOS EM
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO E SEUS EFEITOS NA
QUALIDADE DA CARNE**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Caio Abércio da Silva (Orientador)
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Prof. Dr. Alexandre Oba
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Profa. Dra. Nilva Aparecida Nicolao Fonseca
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Londrina, 24 de fevereiro de 2006.

Londrina
Fevereiro de 2006

Ofereço

A meus pais, Francisco e Lucília, pelo amor, incentivo, apoio e dedicação de uma vida inteira e por estarem sempre ao meu lado ao longo dessa trajetória.

Dedico

Às minhas irmãs Michele e Evelin, pelo companheirismo e perseverança em sempre buscar a realização dos nossos sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, por guiar os meus caminhos, pela proteção sempre pedida e dada principalmente durante a condução prática do experimento, onde foi meu companheiro na estrada que conduzia à Fazenda Escola.

Ao Professor Dr. Caio Abércio da Silva, que além de orientador, é um amigo que sempre confiou em mim, sempre dando atenção em todos os momentos e que me transmite conhecimentos para a vida.

À Professora Dra. Ana Maria Bridi, muito mais que uma co-orientadora, uma amiga sempre disposta a ajudar e peça fundamental na elaboração deste trabalho.

À Professora Dra. Nilva Aparecida Nicolao Fonseca, pela colaboração na realização das análises estatísticas.

À Professora Dra. Ivone Yurika Mizubuti, pelo apoio e auxílio durante as análises laboratoriais.

Ao Professor Dr. João Wayne Pinheiro, pelo conhecimento transmitido.

À Professora Dra. Adriana Lourenço Soares, pela atenção, sendo sempre muito prestativa.

Ao Professor Dr. Antônio Carlos Farias dos Reis pelo apoio, colaboração e amizade.

Ao Professor Dr. Amauri Alfieri pela dedicação ao curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Aos Professores, Dr. Marco Antônio da Rocha, Dr. Alexandre Oba, Dr. Edson Luis Azambuja Ribeiro, Dr. José Antônio Fregonezi, Dr. Leandro das Dores Ferreira da Silva, Dra. Lizete Cabrera, Dr. Vanderlei Bett, Dra. Laila Teixeira, Dra. Fernanda Barros Moreira e Professores da Pós - Graduação, pela amizade, apoio e conhecimentos transmitidos.

Aos secretários Edilaine e Nelson, sempre muito prestativos e atenciosos.

Aos funcionários da Fazenda Escola Sr. Pedro, Sr. Mauro, Inácio, Gilberto, Jorge, Sr. Antônio pela ajuda durante o experimento, sendo sempre muito atenciosos e responsáveis.

À Juliana Tiemi, Sílvia e Tânia, do Laboratório de Nutrição Animal, pelo auxílio nas análises laboratoriais e principalmente pela amizade.

À Cláudia e Tiziane do Laboratório de Anatomia Patológica, pela transmissão dos conhecimentos e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos, pela atenção e colaboração durante as análises laboratoriais.

À amiga Andreia de Paula Vieira, presente em todos os momentos, mesmo quando estava distante.

Aos amigos Audiléia e Dênis, pela amizade e companheirismo e pelos muitos e muitos dias que passamos no laboratório padronizando e conduzindo a técnica do IFM.

Aos amigos André Sena, Augusto Presoto, Juliana Dias, Ricardo Borges, Sérgio Lima e Wivian Sena que sempre me ajudaram, independentemente do dia e da hora, foram pessoas fundamentais, sendo muito atenciosos e sempre dando força para continuar nessa caminhada.

Aos companheiros da Pós-Graduação.

Aos amigos e companheiros da suinocultura, em especial ao Marcus (Dengoso) que conduziu o experimento comigo, e também a Juliana, Julian, Mara, Edgard e aos estagiários Piero e Nina.

À Universidade Estadual de Londrina pelo curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

A todos aqueles que acreditaram em mim e que em algum momento passaram pela minha vida, deixando sempre palavras de amizade, incentivo e em alguns casos, saudades. Muito Obrigada!!!!

PACHECO, Graziela Drociunas. **Ganho compensatório de suínos em crescimento e terminação e seus efeitos na qualidade da carne.** 2006. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

RESUMO

O ganho compensatório é um fenômeno observado em animais que passaram por um período de restrição alimentar seguido por um período de alimentação à vontade, onde os animais exibem velocidades aceleradas de crescimento quando comparados com aqueles que receberam alimentação à vontade continuamente. Esse ganho de peso é dado pelo aumento da síntese de proteína muscular, resultando em maior porcentagem de carne. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do ganho de peso compensatório de suínos em crescimento e terminação sobre as características de qualidade da carne. Foram utilizados 40 suínos machos castrados mestiços (Landrace X Large White) com peso médio inicial de $30,59 \pm 5,96$ kg. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo 4 tratamentos e 5 blocos de acordo com o peso vivo inicial dos animais. Os tratamentos experimentais foram: T1 – controle, com ração à vontade durante todo o período experimental; T2 – 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 30 kg, durante 21 dias; T3 – 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 50 kg, durante 21 dias; T4 – 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 70 kg, durante 21 dias. Os animais foram abatidos com peso médio de $117,32 \pm 6,76$ kg. As análises de pH inicial e final, cor, marmoreio, perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento e cocção, maciez, análise sensorial, índice de fragmentação miofibrilar e composição química foram realizadas no músculo *Longissimus dorsi*. O diâmetro das fibras musculares foi medido no músculo *Semitendinosus*. Os parâmetros de qualidade da carne avaliados não foram afetados pelos tratamentos. Observou-se também que o diâmetro das fibras musculares dos animais que passaram por restrição alimentar seguido de ganho de peso compensatório, não se alterou, permitindo reiterar que sob os valores de tempo e intensidade de restrição aplicados, as características físicas, químicas e sensoriais mantiveram-se inalteradas.

Palavras-chave: Alimentação restrita. Carne suína. Crescimento muscular. Proteólise.

PACHECO, Graziela Drociunas. **Ganho compensatório de suínos em crescimento e terminação e seus efeitos na qualidade da carne.** 2006. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

ABSTRACT

Compensatory growth is observed when animals are submitted to a period of food restriction, followed by *ad libitum* feeding. These animals exhibit accelerated growth when compared to animals continuously fed *ad libitum*. The weight gains are associated to an increased synthesis of muscle proteins, resulting in a higher meat percentage. The aim of this experiment was to evaluate the effects of compensatory weight gains on meat quality of pigs, during the growing and finishing phases. Forty barrows, Landrace X Large White, with an initial weight averaged in 30.59 ± 5.96 kg, were studied. The experimental design consisted of randomized blocks, 4 treatments and 5 blocks, according to the initial weight. The treatments were: T1 – control, with *ad libitum* feeding during the whole experimental period; T2 – 20% of food restriction related to the control group, beginning with an average weight of 30 kg, during 21 days; T3 – 20% of food restriction related to the control group, beginning with an average weight of 50 kg, during 21 days; T4 – 20% of food restriction related to the control group, beginning with an average weight of 70 kg, during 21 days. The weight at slaughter averaged was 117.32 ± 6.76 kg. The initial and final pH's, color traits, marbling, drip loss, thawing and cooking loss, tenderness, sensorial analysis, myofibrillar fragmentation index and chemical analysis were measured in *Longissimus dorsi* muscle and the diameter of muscle fibers was measured in *Semitendinosus* muscle. Meat quality parameters were not affected by treatment and the diameters of muscle fibers of restricted animals followed by compensatory growth didn't show alteration. Thus, the time and intensity of food restriction studied during this experiment didn't show any alterations regarding to physical, chemical and sensorial meat characteristics.

Keywords: Muscle growth. Pork. Proteolysis. Restricted feeding.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 – Composição percentual, química e energética das rações experimentais.....	45
Tabela 2 – Peso dos suínos ao final do experimento (médias e desvios-padrão).....	51
Tabela 3 – Valores de pH inicial e final do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)	52
Tabela 4 – Valores de cor subjetiva e objetiva, perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento, perda de água na cocção do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvio-padrão).....	53
Tabela 5 – Valores de marmoreio, força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)	56
Tabela 6 – Valores da composição química aproximada do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)	58
Tabela 7 – Valores do diâmetro das fibras do músculo <i>Semitendinosus</i> de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)	59
Figura 1 – Perda de água por gotejamento do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos submetidos à restrição alimentar com subsequente ganho compensatório	54

SUMÁRIO

Ganho Compensatório em Suínos	11
Resumo	11
Abstract.....	12
Introdução.....	13
Revisão de Literatura.....	14
1 Crescimento Normal.....	14
2 Crescimento Compensatório	16
2.1 Fatores que Afetam o Crescimento Compensatório	17
2.1.1 Idade do Animal no Início da Restrição	17
2.1.2 Severidade e Duração do Período de Restrição.....	18
2.1.3 Natureza da Restrição Alimentar.....	19
2.2 Alterações Durante o Crescimento Compensatório	20
2.2.1 Ingestão de Alimentos	20
2.2.2 Tamanho e Atividade dos Órgãos Internos	21
2.2.3 Alterações Metabólicas	22
2.2.4 Alterações Endócrinas.....	23
2.2.5 Alterações na Composição Corporal	25
3 Ganho Compensatório e Qualidade da Carne	26
Conclusões.....	32
Literatura Citada.....	33
Objetivos	40
Ganho Compensatório de Suínos em Crescimento e Terminação e seus Efeitos na Qualidade da Carne	41
Resumo	41
Abstract.....	42
Introdução.....	43
Material e Métodos.....	44

Resultados e Discussão.....	51
Conclusões.....	59
Literatura Citada.....	60

Ganho Compensatório em Suínos

Resumo

O crescimento do suíno é determinado por processos biológicos que incluem a multiplicação e o aumento do tamanho das células do corpo. Essas características são influenciadas pelos hormônios, alimentação, fatores ambientais e sanidade. O estresse nutricional, resultante de uma restrição alimentar, impede o animal de expressar o seu potencial de crescimento. No ganho compensatório, expresso após períodos de restrição alimentar, os animais comumente exibem velocidades aceleradas de crescimento quando comparados com aqueles que receberam alimentação à vontade continuamente, porém, a compensação pode ser completa, parcial ou inexistir em certos casos. Os principais fatores que afetam o crescimento compensatório são a idade do animal no início da restrição, a severidade e duração do período de restrição alimentar e a natureza da restrição alimentar. Durante o ganho compensatório, também são observadas alterações na ingestão dos alimentos, tamanho e atividade dos órgãos, alterações metabólicas e hormonais, além de alterações na composição corporal dos animais. Outro fator de extrema importância que deve ser considerado é que a qualidade da carne dos animais que passaram por um período de restrição alimentar com conseqüente ganho compensatório não deve sofrer alterações que prejudiquem as características tecnológicas da carne, uma vez que cada vez mais os consumidores buscam produtos com qualidade.

Palavras-chave: Alimentação restrita. Carne suína. Crescimento compensatório. Crescimento normal.

Compensatory Growth in Pigs

Abstract

Pig growth is determined by many biological processes, including multiplication and increase in body cell sizes. These processes can be influenced by hormones, feeding practices, environmental factors and health. Food restriction can result in nutritional stress, and this can interfere in the expression of the potential growth. Compensatory growth occurs after periods of food restriction and animals respond with an accelerated growth rate, when compared to animals fed *ad libitum* continuously, although the compensation can be complete, partial or uncompensated in certain situations. The main factors that influence compensatory growth are age at the beginning of the restriction, severity and duration of nutritional stress, as well the level of food restriction. During compensatory growth, changes in feed intake, differences in organs size and activity, deviations in corporal composition and alterations in metabolic and hormonal profiles, are often observed. The effects of food restriction and compensatory growth on meat quality and technology should also be considered, especially because consumers are looking for higher quality products.

Keywords: Catch-up growth. Feed restriction. Normal growth. Pork.

Introdução

Ganho compensatório é um fenômeno observado em animais que passaram por um período de restrição alimentar seguido por um período de alimentação à vontade, em que os mesmos respondem com velocidades aceleradas de crescimento quando comparados a animais que se alimentaram *ad libitum* continuamente (Therkildsen et al., 2002).

O grau de compensação exibido pelos animais pode se apresentar como completo, quando há compensação plena do menor desempenho observado no período de restrição. Pode ser parcial, apresentando taxas de ganho insuficientes para recuperação do peso, ou pode-se ter ainda uma ausência de compensação (Ryan, 1990). A magnitude desta recuperação será dependente de fatores como duração, grau de restrição alimentar aplicada, idade, sexo e genótipo dos animais (Kristensen et al. 2002).

Durante o crescimento compensatório, ocorrem alterações nos animais relacionadas à ingestão de nutrientes, tamanho e crescimento dos órgãos, exigência de energia, composição corporal e endocrinologia (Alves, 2003).

O ganho compensatório muscular ocorre devido a um aumento gradual tanto nas velocidades de síntese como de degradação de proteínas, havendo um estímulo do *turnover* protéico muscular (Therkildsen et al., 2004). Essa resposta é muito interessante para a indústria da carne, uma vez que o aumento da degradação protéica mediada por enzimas, principalmente as calpaínas, pode afetar o desenvolvimento da maciez da carne no *post mortem* (Kristensen et al., 2002).

Nesse sentido, o objetivo dessa revisão é abordar os mecanismos que envolvem tanto o processo de redução como de compensação do crescimento e seus efeitos sobre a qualidade da carne suína.

Revisão de Literatura

1. Crescimento Normal

Crescimento, usualmente, é definido como aumento de massa tecidual. Sob o ponto de vista produtivo, os principais componentes de peso de um animal são os ossos, os músculos, as vísceras e a gordura. Os órgãos e tecidos apresentam diferentes taxas e velocidades de desenvolvimento e maturação, sendo que o crescimento inicia-se pelo tecido nervoso, seguido pelo tecido ósseo, muscular e finalmente pelo tecido adiposo (Owens et al., 1993).

O crescimento do suíno é estimulado pelo fornecimento de nutrientes, idade, genética e condições sanitárias das instalações, de tal forma que o peso dos animais adultos está intimamente ligado ao peso do tecido muscular. Já o conteúdo de gordura é muito variável quando os animais atingem a idade adulta (Penz Júnior & Viola, 1998).

O tecido muscular suíno é composto por cerca de 20% de proteína, 70% de água, 8% de lipídios e 2% de outras substâncias. Já o tecido adiposo contém 10-20% de água, 2% de proteína e 70-80% de lipídios (Whittemore, 1993). Porém, a deposição desses tecidos é diferenciada. A deposição de proteína exige a presença de determinados nutrientes específicos, como os aminoácidos, e de uma certa quantidade de energia por massa de tecido depositado. Já a deposição de gordura requer o uso de energia, mas não exige a deposição de qualquer nutriente em particular (Fialho & Kessler, 2001).

Durante a fase inicial e no crescimento, a deposição de tecido magro é alta e a de gordura é baixa. Com o avançar da idade, a taxa de ganho de tecido magro atinge um platô, isto é, um nível máximo, enquanto a taxa de deposição de gordura continua aumentando e assumindo a maior proporção do ganho de peso (Ludke et al., 1998). O ponto em que começa a rápida deposição de

gordura geralmente é depois do pico de deposição de proteína, que ocorre entre 50-60 kg de peso vivo, dependendo do genótipo, do sexo do animal e da nutrição anterior (Ellis & Bertol, 2001).

O crescimento pré-natal é rápido, ocorrendo a uma taxa exponencial. Já, o crescimento do animal após o nascimento pode ser ajustado em uma curva sigmóide, ou seja, o crescimento pós-natal é lento, mas aumenta rapidamente, desacelerando-se a partir da puberdade até estágios mais avançados, quando a taxa de crescimento é reduzida (Grant & Helferich, 1991).

Durante o desenvolvimento embrionário todos os tecidos crescem por hiperplasia, mas células especializadas de mamíferos, quando maduras (ex: nervos, músculo esquelético) perdem a sua capacidade de multiplicação e crescem somente por hipertrofia ou incorporação de células satélites (Allen et al., 1979). As células satélites são mononucleadas, fusiformes e estão dispostas paralelamente às fibras musculares, dentro da lâmina basal que envolve as fibras (Junqueira & Carneiro, 1995). Essas células proliferam-se e fusionam-se com a fibra, adicionando um novo núcleo. Esse processo é importante para o crescimento muscular, uma vez que o DNA provê o sistema necessário para a síntese de proteína (Oksbjerg et al., 2002). Grande maioria do conteúdo de DNA do músculo é acumulada durante o crescimento e o desenvolvimento muscular pós-natal, que é resultado direto da atividade das células satélites (Koohmaraie et al., 2002).

O crescimento muscular é determinado pelo balanço entre a quantidade de proteína sintetizada e a quantidade de proteína degradada (Koohmaraie et al., 2002). De acordo com Goll et al. (1992), o primeiro passo para o *turnover* das proteínas miofibrilares nas células musculares esqueléticas maduras é provavelmente a desagregação das miofibrilas dentro dos miofilamentos. Esses miofilamentos são subseqüentemente degradados a polipeptídios e a aminoácidos livres. As proteinases que exercem a função chave na remoção dos miofilamentos e geração de aminoácidos livres são as calpaínas e o sistema proteolítico lisossomal.

2. Crescimento Compensatório

O estresse nutricional, resultante de uma limitação quantitativa ou qualitativa de nutrientes fornecidos pelos alimentos, impede o animal de expressar o seu potencial de crescimento. A intensidade desse estresse pode causar redução ou até mesmo taxas negativas de crescimento (Hogg, 1991).

Segundo Bohman (1955), crescimento compensatório refere-se ao fenômeno manifestado em mamíferos e aves que, após um período de restrição alimentar suficiente para deprimir o crescimento contínuo, ao acabar a injúria alimentar e reiniciar uma alimentação adequada apresentam taxa de crescimento acima do normal quando comparados a animais de mesma idade e tamanho e em condições similares de ambiente.

O animal pode apresentar compensação completa, parcial ou não apresentar compensação após um período de restrição alimentar. No caso da compensação completa, o ângulo de inclinação da curva de crescimento dos animais que passaram por restrição é maior que a dos animais que não passaram por restrição. Essa compensação na taxa de crescimento pós-restrição permite que o mesmo peso de abate seja atingido à mesma idade. Na compensação parcial, o ângulo de inclinação da curva de crescimento dos animais que passaram por restrição é maior que dos animais que não passaram por restrição, mas não o suficiente para que o mesmo peso de abate seja atingido a uma mesma idade (Ryan, 1990). Por fim, quando o ângulo de inclinação da curva de crescimento dos animais que passaram por restrição é menor ou igual ao dos animais que não passaram por restrição, diz-se que não houve compensação, e o mesmo peso de abate será atingido em idades mais avançadas ou até mesmo não será atingido, dependendo da severidade e extensão da restrição (Alves, 2003).

Therkildsen et al. (2002), trabalhando com suínos dos 70 aos 140 dias de idade e com 40% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, aplicaram quatro diferentes tratamentos que

variavam entre os períodos de restrição e de alimentação à vontade, sendo os mesmos: 28 dias de restrição e 42 dias de alimentação à vontade, 43 dias de restrição e 27 dias de alimentação à vontade, 52 dias de restrição e 18 dias de alimentação à vontade, 60 dias de restrição e 10 dias de alimentação à vontade e o grupo controle, que recebia alimentação à vontade continuamente. Os autores observaram que todos os suínos que passaram por restrição alimentar por um determinado período, demonstraram ganho compensatório, entretanto, nenhum grupo foi hábil em compensar completamente a perda de peso induzida pela restrição alimentar.

2.1. Fatores que Afetam o Crescimento Compensatório

Os principais fatores que influenciam a resposta do crescimento compensatório são: idade do animal no início da restrição, severidade e duração do período de restrição alimentar e natureza da restrição alimentar.

2.1.1. Idade do Animal no Início da Restrição

A idade em que se pratica a restrição é importante e pode explicar a ausência de compensação ou a maneira como ela ocorre. Ryan (1990) afirma que animais que sofrem restrição logo após o nascimento tendem a não demonstrar crescimento compensatório, podendo ter o peso adulto comprometido em relação aos que não sofreram o manejo. Já os animais que sofrem restrição próxima ao seu peso adulto, após o término do manejo, irão atingir em idades mais avançadas o mesmo peso dos animais que não sofreram esta privação nutricional.

Mersmann et al. (1987) observaram que suínos que receberam uma restrição de nutrientes por 16 semanas, a partir do nascimento, apresentaram praticamente a metade do peso corporal dos animais alimentados à vontade. Quando os animais tiveram acesso a alimentação à vontade após a restrição, tiveram uma velocidade acelerada de ganho de peso, porém, com menor ganho

de massa muscular e maior deposição de gordura na carcaça aos 90 kg quando comparados aos animais que se alimentaram continuamente por todo o período. Já, animais que passaram por uma restrição alimentar severa próxima ao seu peso adulto, com posterior alimentação à vontade, apresentaram maior consumo de ração durante o período de realimentação quando comparados aos que se alimentaram continuamente e, conseqüentemente, apresentaram carcaças mais gordas em relação aos animais controle.

2.1.2. Severidade e Duração do Período de Restrição

A severidade da restrição, ou seja, a quantidade de nutrientes que o animal terá disponível no período de restrição, influencia a resposta do animal após o restabelecimento da alimentação normal (Ryan, 1990).

De acordo com Wilson & Osbourn (1960), o crescimento compensatório pode ser completo quando animais são submetidos a períodos curtos ou médios de restrição, de tal forma que a capacidade de recuperação diminui à medida que a severidade e a duração da restrição aumentam.

Daza et al. (2003) conduziram dois experimentos para determinar a resposta compensatória de suínos submetidos à restrição alimentar durante o crescimento. No primeiro experimento, os animais receberam durante 28 dias 46% de restrição alimentar em relação ao grupo controle. No segundo experimento, os animais receberam 25% de restrição alimentar durante 35 dias. Animais com 46% de restrição não conseguiram compensar completamente a perda de peso durante o período da terminação. Já os animais que receberam 25% de restrição alimentar não apresentaram diferenças significativas na conversão alimentar durante o período de restrição quando comparados aos animais que receberam alimentação continuamente. Entretanto, durante a fase de alimentação à vontade na terminação, os suínos que passaram por restrição cresceram e

consumiram significativamente mais ração que os animais que recebiam alimentação à vontade. Levando-se em consideração o período total do experimento, os animais com restrição de 25% cresceram mais e apresentaram pesos de abate superiores aos dos animais que recebiam alimento continuamente.

2.1.3. Natureza da Restrição Alimentar

Existem basicamente dois métodos de restrição alimentar: o quantitativo e o qualitativo.

O método quantitativo é aplicado através de uma curva de arraçamento onde são acompanhados o peso do suíno e sua idade. O processo é implementado usando dietas adaptadas nutricionalmente, visando o atendimento das exigências nutricionais dos suínos para a formação do tecido magro (Ludke et al., 1998). Em geral, se a quantidade do alimento for reduzida, deve-se compensá-la aumentando a concentração de proteína e, conseqüentemente, melhorando a qualidade da dieta. Isso resultará em melhoria da eficiência alimentar e da qualidade da carcaça (Bellaver, 1992).

Barbosa et al. (2002a; 2002b), trabalhando com níveis de restrição de 5%, 10% e 15% do consumo à vontade, dois níveis de energia (2083 e 2252 kcal EL/kg de ração) e abate aos 95, 105 e 115 kg de peso vivo, observaram que os animais abatidos aos 95 e 105 kg de peso vivo, com aumento no nível de restrição alimentar, melhoraram a qualidade das carcaças, considerando-se a redução na espessura de toucinho, aumento no peso do lombo, peso e rendimento do pernil. Já nos animais abatidos aos 115 kg, essa melhora não ocorreu. Em relação ao desempenho dos animais, observou-se que o aumento da restrição alimentar resultou em diminuição do ganho de peso, sem afetar a conversão alimentar.

No método de restrição alimentar qualitativa são fornecidas dietas diluídas nutricionalmente com matérias-primas fibrosas, de tal modo que o suíno esgote a sua capacidade

de consumo sem ingerir a energia que seria usual em uma dieta padrão de milho e farelo de soja. Nesse método, o suíno recebe alimentação à vontade, porém não ingere a energia suficiente para o máximo ganho de peso. A aplicação desse método na terminação apresenta desvantagens como a redução da digestibilidade da dieta e maior excreção e produção de dejetos (Ludke et al., 1998).

Fraga (2005), trabalhando com suínos de elevado peso ao abate, avaliou níveis de 0, 05, 10, 15 e 20% de redução energética, obtidas com a inclusão de casca de arroz. Os resultados obtidos revelaram que o aumento nos níveis de restrição qualitativa proporcionou redução no ganho de peso, consumo de energia e espessura de toucinho e aumento no consumo total de ração, dias para atingir a idade de abate, porcentagem e quantidade de carne magra na carcaça, porém, com piora na conversão alimentar.

2.2. Alterações Durante o Crescimento Compensatório

As principais alterações durante o crescimento compensatório estão relacionadas com a ingestão de alimentos, tamanho e atividade dos órgãos internos, alterações metabólicas, endócrinas e na composição corporal.

2.2.1. Ingestão de Alimentos

Um dos fatores mais importantes na determinação do ganho de peso compensatório é a ingestão do alimento durante a reabilitação. Nessa fase, pode ser observado um aumento do apetite, que resulta em aumento da ingestão de alimentos. Outros fatores são as mudanças na velocidade metabólica e efeitos dos diferentes requerimentos de manutenção que podem aparecer em maior ou menor extensão (Skiba & Fandreyewski, 1998). Ratcliffe & Fowler (1980) e Critser et al. (1995) observaram que o ganho compensatório em suínos foi devido principalmente ao aumento na ingestão de alimento.

Porém, de acordo com Therkildsen et al. (2004), o ganho compensatório observado nos animais não foi devido ao aumento da ingestão alimentar, mas sim à melhora na taxa de conversão alimentar e isso também foi observado por Oksbjerg et al. (2002). Dessa forma, a mesma quantidade de músculo foi produzida pelos suínos que expressaram o ganho compensatório quando comparados aos animais que receberam alimentação à vontade, porém, com ingestão de 16 kg a menos de ração.

Um ponto particularmente importante sobre a ingestão de alimentos e sua ligação com o ganho de peso vivo em animais que sofreram restrição alimentar e estão iniciando a alimentação à vontade é que esses animais terão um tamanho menor e, portanto, terão menor requerimento de energia de manutenção. Como consequência, um aumento na ingestão do alimento em relação ao tamanho corporal implicará que, proporcionalmente, mais alimento estará disponível para propostas de crescimento (Lawrence & Fowler, 2002).

2.2.2. Tamanho e Atividade dos Órgãos Internos

Há evidências de que os órgãos viscerais exibem respostas rápidas à restrição através da redução do seu tamanho (Drouillard et al., 1991) e também pela redução de sua atividade metabólica, sendo que o fígado perde proporções consideráveis de seu peso nos estágios iniciais da restrição (Lomax & Baird, 1983). O ganho de peso compensatório é dado tanto pelas mudanças que ocorrem em componentes da carcaça (ossos, músculos, gordura) quanto pelos órgãos internos (fígado, rins, coração, trato gastrointestinal) (Lawrence & Fowler, 2002).

De acordo com Carstens et al. (1991), alguns órgãos exibem uma velocidade de crescimento consideravelmente mais alta, em relação aos componentes da carcaça, num curto período de tempo após terem passado por uma longa restrição alimentar. Isso pode ser observado

como uma resposta direta ao aumento da atividade metabólica. Os órgãos relacionados à digestão, tais como o trato gastrointestinal e o fígado parecem ser os que demonstram maior crescimento pós-restrição.

Ratliffe & Fowler (1980), restringiram o crescimento de suínos no início da vida e observaram, após o período de restrição, que o ganho de peso vivo compensatório foi devido, em sua maior parte, ao aumento nos órgãos internos e trato gastrointestinal.

O tecido adiposo de cobertura e o presente nas adjacências do trato gastrointestinal são primariamente utilizados durante períodos de restrição nutricional para atender as necessidades imediatas e depois são redepositadas quando a alimentação torna-se à vontade (Iason & Mantecon, 1993).

Hovell et al. (1987) observaram que ocorre um aumento na velocidade de síntese e deposição de proteína no trato gastrointestinal quando os animais mudam de um baixo para um alto plano nutricional. Essa situação leva a um aumento no ganho de peso vivo, sendo que o aumento da ingestão de alimentos é parcialmente responsável por esse ganho de peso compensatório e para isso, órgãos de tamanhos apropriados são necessários.

2.2.3. Alterações Metabólicas

Durante a restrição alimentar o metabolismo basal é reduzido principalmente por causa da diminuição do volume e da atividade metabólica das vísceras (Yambayamba et al., 1996a). Outros tecidos também mudam o metabolismo de seus nutrientes e suas fontes de energia. O tecido adiposo e o fígado liberam grandes quantidades de ácidos graxos livres e corpos cetônicos, respectivamente, que são usados pelos músculos e outros tecidos extra-hepáticos como substrato de energia. Os músculos liberam lactato, cadeias ramificadas de ceto-ácidos, alanina, glutamina e cadeias ramificadas de aminoácidos. A produção de uréia pelos hepatócitos inicialmente aumenta

(Blum & Kunz, 1981) e, então, estabiliza-se em um baixo nível se a restrição ao crescimento é moderada (Yambayamba et al., 1996b). Quando a restrição alimentar é severa, uma grande transferência de nitrogênio entre o fígado e os rins ocorre, associada ao aumento da síntese de glutamina pelo fígado (Heitmann & Bergman, 1980).

Durante o crescimento compensatório, um acelerado *turnover* é observado, sendo caracterizado por um marcado aumento na síntese de proteína, inicialmente nas vísceras e depois nos músculos. Isso resulta em aumento da deposição de proteína e diminuição da excreção de nitrogênio (Jones et al., 1990). Como é necessário menos energia para a deposição de músculo, em relação ao tecido adiposo, a taxa de crescimento aumenta. A estimulação à síntese de proteínas implica em reutilização de aminoácidos oriundos do catabolismo protéico (Hornick et al., 1997). Há também uma diminuição da oxidação dos aminoácidos durante a realimentação, o que explica os baixos níveis de uréia plasmática durante a fase inicial da realimentação. Além disso, o conteúdo de ácido desoxirribonucléico (DNA) aumenta no músculo por causa da acelerada mitose das células satélites (Howarth & Baldwin, 1971).

2.2.4. Alterações Endócrinas

Durante a restrição alimentar ocorre uma queda pronunciada da proporção síntese/degradação protéica devido à redução dos níveis plasmáticos de hormônios anabólicos e ao aumento dos hormônios catabólicos. A insulina plasmática, a 3-5-3'- triiodotironina (T3), a tiroxina (T4), o fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I) diminuem seus níveis, enquanto que os níveis de cortisol e hormônio do crescimento (GH) aumentam. Durante a restrição alimentar, concentrações plasmáticas de IGF-I diminuem drasticamente devido a baixos receptores disponíveis de GH (Hornick et al., 2000).

Altos níveis circulantes de GH durante a restrição alimentar permitem uma maior mobilização de gordura, visto que este hormônio estimula a lipólise. Assim, os ácidos graxos liberados provêm energia para o organismo. Esse aumento de gordura mobilizada é também devido à inibição competitiva dos efeitos da insulina no tecido adiposo (Baumann & Currie, 1980).

As diferenças encontradas entre o *status* endócrino de animais que estão em fase de ganho compensatório e animais controle são de difícil detecção devido à rápida normalização dos níveis hormonais (Hornick et al., 2000).

Ocasionalmente, durante a fase de realimentação, a secreção de insulina pode ser transitoriamente aumentada e, portanto, maior que em animais controle. De acordo com Blum et al. (1985), isso representa um sinal para a iniciação dos processos anabólicos. Mais tarde, durante o crescimento compensatório, os altos níveis de insulina plasmática encontrados irão contribuir para maior deposição de gordura em animais que estão retomando o crescimento.

Outra característica do ganho compensatório é uma diminuição pronunciada da relação GH: insulina (Blum et al., 1985). Entretanto, alguns estudos reportam uma maior concentração de GH na fase inicial de realimentação quando comparados a animais controle. Além disso, altos níveis plasmáticos de GH exercem atividade lipolítica no tecido adiposo, o que pode ser um dos fatores responsáveis pela maior deposição de tecido magro durante a fase inicial da compensação (Hornick et al., 2000).

O IGF-1 tem um papel importante na regulação do crescimento muscular (Owens et al., 1999). Assim, o IGF-1 parece ser um potente estimulador da proliferação das células satélites (Dodson et al., 1996) e também da síntese de proteína muscular independentemente das células satélites (Barton-Davis et al., 1999). Foi demonstrado que a transição da restrição para a

alimentação *ad libitum* por 10 dias recupera completamente os níveis de IGF-1, igualando-se aos animais alimentados *ad libitum* continuamente (Therkildsen et al., 2004).

Durante o crescimento compensatório, os níveis dos hormônios T3 e T4 podem estar normalizados ou permanecer abaixo dos valores dos animais controle por muitas semanas (Blum et al., 1985).

2.2.5. Alterações na Composição Corporal

O crescimento resulta de diferenças entre a síntese e a degradação dos tecidos e também devido às perdas corporais de energia, nitrogênio e minerais pela excreção. Durante o desenvolvimento normal, o tecido muscular exhibe inicialmente uma maior velocidade de deposição, seguido pelo tecido adiposo. Quando a velocidade de crescimento é reduzida, há uma diminuição coordenada do *turnover* de tecidos (Wester et al., 1995). Entretanto, os tecidos e órgãos reagem de acordo com sua atividade metabólica, sendo que aqueles que possuem esta atividade mais intensa, tais como fígado e intestinos, demonstram grandes perdas de peso (Drouillard et al., 1991).

Durante uma restrição alimentar moderada, é observada uma diminuição pronunciada do processo de síntese, em relação à degradação (Paquay et al., 1972), levando a uma menor velocidade de ganho de peso, uma vez que a deposição de músculo permanece praticamente inalterada (Leymaster & Mersmann, 1991). Porém, ocorre uma maior mobilização de gordura e o peso visceral diminui marcadamente, levando a alterações na composição corporal (Yambayamba et al., 1996a).

A incrementação de peso observada no ganho compensatório decorre de vários processos. Na fase inicial da compensação, o tecido que é primariamente depositado é o muscular, definindo uma carcaça com uma composição semelhante à da fase de restrição (Wright & Russel, 1991).

Um dos motivos da maior deposição de proteína no início da realimentação é o aumento do trato gastrointestinal e do fígado (Carstens et al., 1991), com o objetivo de metabolizar a maior quantidade de nutrientes que o animal passa a ingerir (Ryan, 1990). Daí em diante, os depósitos de gordura aumentam e a composição corporal final dependerá da duração da realimentação (Hornick et al., 1998).

3. Ganho Compensatório e Qualidade da Carne

O padrão de ganho compensatório parece não afetar significativamente as características tecnológicas de qualidade da carne, tais como pH final, capacidade de retenção de água e coloração (Kristensen et al., 2002; Oksbjerg et al., 2002).

Porém, estudos demonstram que é possível alterar a maciez da carne através de um regime alimentar aplicado antes do abate. Resultados de pesquisas evidenciam que a velocidade de degradação protéica é proporcional à maciez da carne, e que essa ligação entre velocidade de degradação protéica no músculo vivo e o desenvolvimento da maciez *post mortem* pode ocorrer através de um sistema proteolítico de enzimas (Therkildsen et al., 2002).

De acordo com Therkildsen et al. (2002), suínos que apresentaram ganho compensatório tiveram melhoras na maciez da carne, sugerindo que a aplicação da alimentação *ad libitum* pós-restrição deva ser feita por um período de 42 dias ou mais.

Para Kristensen et al. (2002), que aplicaram 40% de restrição alimentar, os melhores resultados em relação à maciez da carne foram observados quando os animais tiveram 62 dias de alimentação restrita (dos 28 aos 90 dias de idade) seguidos de 75 dias de alimentação *ad libitum* (dos 90 aos 165 dias de idade).

Os consumidores cada vez mais desejam produtos de qualidade e, para isso, as indústrias de carne procuram entender detalhadamente o processo que afeta a maciez da carne para que possam

utilizar essas informações (Koohmaraie et al., 2002). Dessa forma, alguns fatores envolvidos nessa característica são considerados fundamentais para a compreensão do processo, como aspectos da dinâmica muscular e os sistemas proteolíticos envolvidos na maciez da carne.

O aumento da massa muscular é determinado pela multiplicação das células (hiperplasia) e pelo aumento do comprimento e do diâmetro celular (hipertrofia) (Koohmaraie et al., 2002).

No músculo vivo, o *turnover* protéico é primariamente definido pelo balanço da atividade das enzimas proteolíticas (calpaínas) e de seus inibidores (calpastatinas) (Koohmaraie, 1996).

A hipertrofia no músculo pode ocorrer de três maneiras: pelo aumento da síntese protéica e decréscimo da degradação protéica (alta atividade das calpastatinas inibindo as calpaínas); pelo aumento da síntese protéica e aumento da degradação, porém com balanço positivo da síntese (método menos eficiente de promover o crescimento muscular, porém, resulta na baixa atividade das calpastatinas); pelo decréscimo da síntese protéica e da degradação, sendo que o decréscimo da degradação das proteínas é maior que o decréscimo da sua síntese (é o método mais eficiente de promover o crescimento muscular, que resulta na alta atividade das calpastatinas) (Koohmaraie et al., 2002).

Durante o ganho compensatório ocorre o aumento da síntese e da degradação protéica, resultando na baixa atividade das calpastatinas e aumento da relação calpaína/calpastatina, promovendo assim a maciez da carne (Therkildsen et al., 2002).

Subseqüentemente ao abate, a síntese de proteínas é interrompida, mas o processo de degradação continua. Pode-se hipotetizar que o ganho compensatório aumenta a síntese de proteína e também o potencial proteolítico no momento do abate, levando a velocidades mais rápidas de maciez *post mortem* (Kristensen et al., 2002).

Em geral, a maciez é influenciada pelo tempo de armazenamento, extensão do rigor, comprimento do sarcômero, atividade proteolítica e uma variedade de fatores fisiológicos e

químicos que ocorrem durante o *rigor mortis* (Jiang, 1998). A contribuição relativa de cada um desses componentes da maciez é músculo dependente. Por exemplo, enquanto o comprimento do sarcômero é o maior determinante da maciez do *Psoas major*, a proteólise é o maior determinante da maciez do *Longissimus* e o conteúdo do tecido conectivo é o maior contribuinte para a maciez dos músculos *Biceps femoris* e *Semimembranosus* (Koohmaraie et al., 2002).

A variação na maciez da carne pode ocorrer no abate ou desenvolver-se durante o armazenamento *post mortem* ou ocorrer por combinação de ambos. Certamente, a preparação da carne pelos consumidores também é uma fonte de variação considerável na maciez da carne (Jiang, 1998).

A maciez da carne durante o armazenamento de carcaças em temperaturas de refrigeração tem sido estudada por muitos pesquisadores e de acordo com Jiang (1998), a maioria das mudanças ultra-estruturais e bioquímicas das miofibrilas identificadas pode talvez ser explicada pela ação sinérgica entre os sistemas proteolíticos das μ - e m-calpaínas, que são consideradas proteinases cálcio-dependentes, e o sistema proteolítico das proteinases lisossomais, chamadas de catepsinas D, B, H e L.

Em animais vivos, o sistema calpaína e o sistema de enzimas lisossomais estão envolvidos no controle da velocidade da degradação protéica (Goll et al., 1998). Portanto, provavelmente, o aumento na taxa de crescimento muscular *in vivo* que ocorre quando os animais estão exibindo ganho compensatório irá afetar a maciez da carne pelo aumento do potencial proteolítico (Kristensen et al., 2002).

O potencial proteolítico indica com que rapidez o músculo pode sofrer maciez no *post mortem*, e tem sido visto que a relação entre a atividade da μ -calpaína e da calpastatina no abate é o caminho mais adequado para se medir o potencial proteolítico nos músculos (O'Halloran et al., 1997). A razão por trás disso é que a μ -calpaína parece ser a enzima proteolítica primária que

causa o desenvolvimento da maciez, tendo sua maior ação após 24 a 48 horas *post mortem*. Já a m-calpaína é responsável pela degradação das proteínas do citoesqueleto após 48 a 72 horas *post mortem*, quando as concentrações de cálcio aumentam suficientemente para que essa enzima exerça sua atividade (Boehm et al., 1998). De acordo com estudos realizados, existe uma relação inversa entre a atividade da calpastatina e a maciez da carne (Koohmaraie, 1996).

As calpaínas são responsáveis por 90% ou mais da proteólise que ocorre durante os primeiros dias de armazenamento *post mortem* a 2-4°C (Goll, 1992). Já as catepsinas têm uma menor influência na proteólise no início do armazenamento, tendo sua ação aumentada 7 a 10 dias *post mortem* (Koohmaraie et al., 1988).

Embora as calpaínas tenham um valor ótimo de pH para atividade próximo à neutralidade, as catepsinas, especialmente as catepsinas B e L, apresentam um pH ótimo entre 5,5 e 6,5, encontrado em muitos músculos esquelético *post mortem* (Etherington, 1984).

As calpaínas atacam especificamente certas proteínas da linha-Z, tais como: desmina, filamina, nebulina e em menor extensão a conectina. As catepsinas preferencialmente atacam actina, miosina e troponina-C. Ambas, calpaínas e catepsinas degradam a troponina-T, troponina-I, tropomiosina e proteína-C (Jiang, 1998).

Além da proteólise, a maciez da carne é influenciada por outros fatores, incluindo comprimento do sarcômero, gordura intramuscular (Van Laack et al., 2001) e quantidade e qualidade do tecido conjuntivo. Porém, como os suínos geralmente são abatidos por volta de 6 meses de idade, o tecido conjuntivo é imaturo, não influenciando significativamente a maciez da carne suína (Avery et al., 1996).

Kristensen et al. (2004) aplicaram restrição alimentar de 31% em 2 grupos, sendo um dos 28 aos 80 dias de idade e outro dos 28 aos 90 dias de idade. Após esse período, os animais receberam alimentação à vontade até os 140 dias de idade (idade de abate). O grupo controle

recebeu alimentação *ad libitum* durante todo o período (28 aos 140 dias). Ao final do experimento observou-se aumento na porcentagem de colágeno total no músculo *Biceps femoris*. Em relação à gordura intramuscular, os machos castrados dos dois grupos que sofreram restrição apresentaram menor quantidade deste tecido em comparação aos que receberam alimentação à vontade.

Com relação à gordura intramuscular, De Vol et al. (1988) sugeriram que níveis aceitáveis para garantir a qualidade da carne suína sejam em torno de 2,5 a 3%. Eikelenboom & Hoving-Bolink (1994) encontraram que maiores níveis de gordura intramuscular estão associados a melhor qualidade da carne suína. Baseados em resultados de um estudo sobre a preferência dos consumidores, Goodwin & Burroughs (1995) concluíram que a gordura intramuscular é um importante fator para a determinação da qualidade, principalmente por influenciar a palatabilidade da carne.

O conteúdo de carne do corpo do animal pode ser resultado do número de fibras ou do seu tamanho. Como regra, animais que tenham um maior número de fibras musculares irão produzir uma maior quantidade de carne (Łyczyński et al., 2003).

No crescimento pós-natal, aumentos no tamanho muscular são devido à hipertrofia, já que a hiperplasia de fibras musculares não aumenta significativamente após o nascimento. Assim, o conteúdo de DNA muscular continua a aumentar devido à proliferação de células satélites, diferenciação e fusão com as fibras musculares existentes (Brameld et al., 1998). Esse fenômeno é usualmente acompanhado por mudanças na morfologia e no metabolismo da fibra (Ashmore et al., 1973).

Yambayamba & Price (1991), ao investigarem os efeitos da restrição alimentar seguido de um período de alimentação *ad libitum*, na proporção e diâmetro de fibras musculares de novilhas

jovens, encontraram diferenças significativas, sendo menor o diâmetro das fibras nos tratamentos com restrição em comparação aos animais alimentados à vontade.

Com relação à área das fibras, existe na literatura uma concordância entre autores Li & Goldberg (1975) e Stickland et al. (1975) de que a restrição alimentar pode propiciar uma redução nas áreas das fibras. Contudo, Arrigoni (1995) relata que o crescimento compensatório na fase de terminação recupera as áreas das fibras que sofrem redução durante a fase de restrição alimentar.

Conclusões

A manifestação do crescimento compensatório está na dependência de uma série de fatores e suas interações, o que justifica uma variabilidade muito grande na magnitude da resposta animal frente aos períodos de restrição alimentar.

Os efeitos nos componentes de carcaça e órgãos irão depender do ponto na curva de crescimento em que ocorreu o retardo no crescimento e também da menor ou maior maturidade dos tecidos ou órgãos considerados, bem como da severidade da restrição e o tempo de restrição pelo qual os animais passaram. É importante lembrar também que animais mais jovens e, portanto, menos maduros, demonstram menor capacidade de exibir o ganho compensatório do que animais mais velhos.

A qualidade da carne também é um fator a ser levado em consideração, uma vez que o ganho compensatório pode melhorar a maciez da carne através de um aumento no *turnover* protéico do músculo vivo e do aumento do potencial proteolítico que o músculo sofre no *post mortem*.

Literatura Citada

ALLEN, R.E.; MERKEL, R.A.; YOUNG, R.B. Cellular aspects of muscle growth: Myogenic cell proliferation. **Journal of Animal Science**, v.49, p.115-127, 1979.

ALVES, D.D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.98, n.546, p.61-67, 2003.

ARRIGONI, M.B. **Efeito da restrição alimentar sobre o desempenho, área e tipos de fibras musculares em bovinos jovens confinados**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1995. 73p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1995.

ASHMORE, C.R.; ADDIS, P.B.; DOERR, L. Development of muscle fibers in the fetal pig. **Journal of Animal Science**, v.36, p.1088-1093, 1973.

AVERY, N.C.; SIMS, T.J.; WARKUP, C. et al. Collagen cross-linking in porcine *Longissimus lumborum*: Absence of relationship with variation in texture at pork weight. **Meat Science**, v.42, p.355-369, 1996.

BARBOSA, H.C.A.; VIEIRA, A.A.; TEIXEIRA, Z.S. et al. Desempenho de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e de energia na dieta. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v.9, n.3, p.147-153, 2002a.

BARBOSA, H.C.A.; VIEIRA, A.A.; ALMEIDA, F.Q. et al. Qualidade da carcaça de suínos submetidos à restrição alimentar na fase de terminação e abatidos em diferentes pesos. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v.9, n.3, p.175-181, 2002b.

BARTON-DAVIS, E.R.; SHOTURMA, D.I.; SWEENEY, H.L. Contribution of satellite cells to IGF-I induced hypertrophy of skeletal muscle. **Acta Physiology Scandinavica**, v.167, p.301-305, 1999.

BAUMANN, D.E.; CURRIE, W.B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1514-1529, 1980.

BELLAVER, C. Restrição alimentar para suínos em terminação. **Suinocultura Dinâmica**, n.2, 1992.

BLUM, J.W.; KUNZ, P. Effects of fasting on thyroid hormone levels and kinetics of reverse triiodothyronin in cattle. **Acta Endocrinology**, v.98, p.234-239, 1981.

BLUM, J.W.; SCHNYDER, W.; KUNZ, P.L. et al. Reduced and compensatory growth: endocrine and metabolic changes during food restriction and refeeding in steers. **Journal of Nutrition**, v.115, p.417-424, 1985.

BOEHM, M.L.; KENDALL, T.L.; THOMPSON, F. et al. Changes in the calpains and calpastatin during *post mortem* storage of bovine muscle. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2415-2434, 1998.

BOHMAN, V.R. Crecimiento compensatorio de ganado bovino – el efecto de la madurez con forrage. **Journal of Animal Science**, v.14, p.249-255, 1955.

BRAMELD, J.M.; BUTTERY, P.J.; DAWSON, J.M. et al. Nutritional and hormonal control of skeletal-muscle cell growth and differentiation. *Proceedings of Nutrition Society*, v.57, p.207-217, 1998.

CARSTENS, G.E.; JOHNSON, D.E.; ELLENBERGER, M.A. et al. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3251-3264, 1991.

CRITSER, D.J.; MILLER, P.S.; LEWIS, A.J. The effects of dietary protein concentration on compensatory growth in barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3376-3383, 1995.

DAZA, A.; RODRIGUEZ, I.; OVEJERO, I. et al. Effect on pig performance of feed restriction during the growth period. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.1, n.4, p.3-8, 2003.

DE VOL, D.L.; MCKEITH, F.K.; BECHTEL, P.J. et al. Variations in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. **Journal of Animal Science**, v.66, p.385-395, 1988.

DODSON, M.V.; MCFARLAND, D.C.; GRANT, A.L. et al. Extrinsic regulation of domestic animal-derived satellite cells. **Domestic Animal Endocrinology**, v.13, n.2, p.107-126, 1996.

DROUILLARD, J.S.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. et al. Growth, body composition, and visceral organ mass and metabolism in lambs during and after metabolizable protein or net energy restrictions. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3357-3375, 1991.

EIKELENBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A.H. The effect of intramuscular fat on eating quality of pork. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 40., 1994, Netherlands. **Proceedings...** Netherlands, 1994.

ELLIS, M.; BERTOL, T.M. Efeitos do peso de abate sobre a qualidade da carne suína e da gordura. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais eletrônicos...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2001.

ETHERINGTON, D.J. The contribution of proteolytic enzymes to *postmortem* changes in muscle. **Journal of Animal Science**, v.59, n.6, p.1644-1650, 1984.

FIALHO, F.B.; KESSLER, A.M. Modelagem do metabolismo de energia e proteína em aves e suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO ANIMAL: Proteína ideal, energia líquida e modelagem, 1., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. p.80-90.

FRAGA, A.L. **Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate.** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2005. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2005.

GOLL, D.E.; THOMPSON, V.F.; TAYLOR, R.G. et al. Role of the calpain system in muscle growth. **Biochimie**, v.74, p.225-237, 1992.

GOLL, D.E.; THOMPSON, V.F.; TAYLOR, R.G. et al. The calpain system and muscle growth. **Canadian Journal of Animal Science**, v.78, p.503-517, 1998.

GOODWIN, R.; BURROUGHS, S. Genetic evaluation terminal line program results. **National Pork Producers Council**, Des Moines, IA, 1995.

GRANT, A.L.; HELFERICH, W.G. An overview of growth. In: PERSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.) **Growth regulation in farm animals: Advances in meat research.** New York: Elsevier Science, 1991. v.7, p.1-16.

HEITMANN, R.N.; BERGMAN, E.N. Integration of amino acid metabolism in sheep: effects of fasting and acidosis. **American Journal of Physiology**, v.239, p.248-254, 1980.

HOGG, B.W. Compensatory growth in ruminants. In: PERSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.) **Growth regulation in farm animals: Advances in meat research**. London: Elsevier Science, 1991. v.7, p.103-134.

HORNICK, J.L.; VAN EENAEME, C.; DIEZ, M. et al. Comparison of hindquarter metabolite uptake in Belgian Blue double-musled bulls at maintenance or during fattening. **Journal of Animal Science**, v.75, p.3331-3341, 1997.

HORNICK, J.L.; VAN EENAEME, C.; CLINQUART, A. et al. Different periods of feed restriction before compensatory growth in Belgian Blue bulls. I. Animal performance, meat characteristics and fat composition. **Journal of Animal Science**, v.76, p.249-259, 1998.

HORNICK, J.L.; VAN EENAEME, C.; GÉRARD, O. et al. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**, v.19, p.121-132, 2000.

HOVELL, E.D.B.; ORSKOV, E.R.; KYLE, D.J. et al. Undernutrition in sheep. Nitrogen repletion by N-depleted sheep. **British Journal of Nutrition**, v.57, p.77-88, 1987.

HOWARTH, R.E.; BALDWIN, R.L. Synthesis and accumulation of protein and nucleic acid in rat *Gastrocnemius* muscles during normal growth, restricted growth, and recovery from restricted growth. **Journal of Nutrition**, v.101, p.477-484, 1971.

IASON, G.R.; MANTECON, A.R. The effects of protein level during food restriction of lambs on subsequent compensatory growth, performance, carcass composition and digestibility. **Animal Production**, v.56, p.93-100, 1993.

JIANG, S. Contribution of muscle proteinases to meat tenderization. **Proceedings of National Science Council, ROC, Part B: Life Sciences**, v.22, n.3, p.97-107, 1998.

JONES, S.J.; STARKEY, D.L.; CALKINS, C.R. et al. Myofibrillar protein turnover in feed-restricted and realimented beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2707-2715, 1990.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 433p.

KOOHMARAIE, M.; BABIKER, A.S.; MERKEL, R.A. et al. Role of Ca²⁺-dependent proteases and lysosomal enzymes in *post mortem* changes in bovine skeletal muscle. **Journal of Food Science**, v.53, p.1253-1257, 1988.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, v.43, p.193-201, 1996.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M.P.; SHACKELFORD, S.D. et al. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, v.62, p.345-352, 2002.

KRISTENSEN, L.; THERKILDSEN, M.; RIIS, B. et al. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: Effects on *in vivo* and *postmortem* muscle proteolysis and meat quality. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2862-2871, 2002.

KRISTENSEN, L.; THERKILDSEN, M.; AASLYNG, M.D. et al. Compensatory growth improves meat tenderness in gilts but not in barrows. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3617-3624, 2004.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. Compensatory growth. In: LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. (Ed.) **Growth of farm animals**. 2.ed. CAB International, 2002. p.229-254.

LEYMASTER, K.A.; MERSMANN, H.J. Effect of limited feed intake on growth of subcutaneous adipose tissue layers and on carcass composition in swine. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2837-2843, 1991.

LI, J.B.; GOLDBERG, A.L. Effects of food deprivation on protein synthesis and degradation in rat skeletal muscles. **American Journal of Physiology**, v.231, p.441-448, 1975.

LOMAX, M.A.; BAIRD, D.G. Blood-flow and nutrient exchange across the liver and gut of dairy cow effects of lactation and fasting. **British Journal of Nutrition**, v.49, p.481-496, 1983.

LUDKE, J.V.; BERTOL, T.M.; SCHEUERMANN, G.N. Manejo da Alimentação. In: SOBESTIANSKY, J. et al. (Ed.) **Suinocultura intensiva**. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, 1998. p.65-90.

ŁYCZYŃSKI, A.; POSPIECH, E.; URBANIAK, M. Nutritional factors modifying pork quality. **Animal Science Papers and Reports**, v.21, p.93-107, 2003.

MERSMANN, H.J.; MACNEIL, M.D.; SEIDEMAN, S.C. et al. Compensatory growth in finishing pigs after feed restriction. **Journal of Animal Science**, v.64, p.752-764, 1987.

O'HALLORAN, G.R.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. et al. The role of endogenous proteases in the tenderization of fast glycolysing muscle. **Meat Science**, v.47, p.187-210, 1997.

OKSBJERG, N.; SØRENSEN, M.T.; VESTERGAARD, M. Compensatory growth and its effects on muscularity and technological meat quality in growing pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science**, v.52, p.85-90, 2002.

OWENS, F.N.; DUBESKY, P.; HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138-3150, 1993.

OWENS, F.N.; GATFORD, K.I.; WALTON, P.E. et al. The relationship between endogenous insulin-like growth factors and growth in pigs. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2098-2103, 1999.

PAQUAY, R.; DE BAERE, R.; LOUSSE, A. The capacity of the mature cow to lose and recover nitrogen and the significance of protein reserves. **British Journal of Nutrition**, v.27, p.27-37, 1972.

PENZ JÚNIOR, A.M.P.; VIOLA, E.S. Nutrição. In: SOBESTIANSKY, J. et al. (Ed.) **Suinocultura intensiva**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. p.45-59.

RATCLIFFE, B.; FOWLER, V.R. The effect of low birth weight and early nutrition on subsequent development in pigs. **Animal Production**, v.30, p.470, 1980.

RYAN, W.J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Series B, v.60, p.653-664, 1990.

SKIBA, G.; FANDREJEWSKI, H. Energy utilization in realimented pigs in relation to initial body composition. In: MC CRACKEN, K., UNSWORTH, E.F., WYLIE, A.R.G. (Ed.) **Energy metabolism of farm animals**. CAB International, Wallingford, UK, 1998. p.229-232.

STICKLAND, N.C.; WIDDOWSON, E.M.; GOLDSPINK, C. Effects of severe energy and protein deficiencies on fibers and nuclei in skeletal muscle of pigs. **British Journal of Nutrition**, v.34, p.421-428, 1975.

THERKILDSEN, M.; RIIS, B.; KARLSSON, A. et al. Compensatory growth response in pigs, muscle protein *turnover* and meat texture: effects of restriction/realimentation period. **Animal Science**, v.75, p.367-377, 2002.

THERKILDSEN, M.; VESTERGAARD, M.; BUSK, H. et al. Compensatory growth in slaughter pigs—*in vitro* muscle protein *turnover* at slaughter, circulating IGF-I, performance and carcass quality. **Livestock Production Science**, v. 88, p.63-75, 2004.

VAN LAACK, R.L.J.M.; STEVENS, S.G.; STALDER, K.J. The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. **Journal of Animal Science**, v.79, p.392-397, 2001.

WESTER, T.J.; BRITTON, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J. et al. Differential effects of plane of protein or energy nutrition on visceral organs and hormones in lambs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1674-1678, 1995.

WHITTEMORE, C. Nutritional manipulation of carcass quality in pigs. In: COLE, D.J.A. (Ed.) **Recent development in pig nutrition**. 2.ed. Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p.12-19.

WILSON, P.N.; OSBOURN, D.F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. **Biological Reviews**, v.35, p.324-363, 1960.

WRIGHT, I.A.; RUSSEL, A.J.F. Changes in body composition of beef cattle during compensatory growth. **Animal Production**, v.52, p.105-113, 1991.

YAMBAYAMBA, E.S.K.; PRICE, M.A. Fiber-type proportions and diameters in the *Longissimus* muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, p.1031-1035, 1991.

YAMBAYAMBA, E.S.K.; PRICE, M.A.; JONES, S.D.M. Compensatory growth of carcass tissues and visceral organs in beef heifers. **Livestock Production Science**, v.46, p.19-32, 1996a.

YAMBAYAMBA, E.S.K.; PRICE, M.A.; FOXCROFT, G.R. Hormonal status, metabolic changes and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth. **Journal of Animal Science**, v.74, p.57-69, 1996b.

Objetivos

Objetivo Geral

Avaliar os efeitos do ganho compensatório de suínos em crescimento e terminação sobre a qualidade da carne.

Objetivos Específicos

- Avaliar os efeitos do ganho compensatório sobre as características de pH inicial e final, cor, marmoreio, perda de água por gotejamento, descongelamento e cocção;
- Avaliar os efeitos do ganho compensatório sobre a composição química da carne;
- Avaliar os efeitos do ganho compensatório sobre as características de maciez, análise sensorial, índice de fragmentação miofibrilar e diâmetro das fibras musculares.

Ganho Compensatório de Suínos em Crescimento e Terminação e seus Efeitos na Qualidade da Carne

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do ganho de peso compensatório de suínos em crescimento e terminação sobre as características de qualidade da carne. Foram utilizados 40 suínos machos castrados mestiços (Landrace X Large White) com peso médio inicial de $30,59 \pm 5,96$ kg. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo 4 tratamentos e 5 blocos de acordo com o peso vivo inicial dos animais. Os tratamentos oferecidos foram: T1 – controle, com ração à vontade durante todo o período experimental; T2 – 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 30 kg, durante 21 dias; T3 – 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 50 kg, durante 21 dias; T4 – 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 70 kg, durante 21 dias. Os animais foram abatidos com peso médio de $117,32 \pm 6,76$ kg. As análises de pH inicial e final, cor, marmoreio, perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento e cocção, maciez, análise sensorial, índice de fragmentação miofibrilar e composição química foram realizadas no músculo *Longissimus dorsi*. O diâmetro das fibras musculares foi medido no músculo *Semitendinosus*. Os parâmetros de qualidade da carne avaliados não foram afetados pelos tratamentos. Observou-se também que o diâmetro das fibras musculares dos animais que passaram por restrição alimentar seguido de ganho de peso compensatório, não se alterou, permitindo reiterar que sob os valores de tempo e intensidade de restrição aplicados, as características físicas, químicas e sensoriais mantiveram-se inalteradas.

Palavras-chave: alimentação restrita, carne suína, crescimento muscular, proteólise

Compensatory Growth in Pigs During Growing and Finishing Phases and its Effects on Meat Quality

Abstract

The aim of this experiment was to evaluate the effects of compensatory weight gains on meat quality of pigs, during the growing and finishing phases. Forty borrows, Landrace X Large White, with an initial weight averaged in 30.59 ± 5.96 kg, were studied. The experimental design consisted of randomized blocks, 4 treatments and 5 blocks, according to the initial weight. The treatments were: T1 – control, with *ad libitum* feeding during the whole experimental period; T2 – 20% of food restriction related to the control group, beginning with an average weight of 30 kg, during 21 days; T3 – 20% of food restriction related to the control group, beginning with an average weight of 50 kg, during 21 days; T4 – 20% of food restriction related to the control group, beginning with an average weight of 70 kg, during 21 days. The weight at slaughter averaged was 117.32 ± 6.76 kg. The initial and final pH's, color traits, marbling, drip loss, thawing and cooking loss, tenderness, sensorial analysis, myofibrillar fragmentation index and chemical analysis were measured in *Longissimus dorsi* muscle and the diameter of muscle fibers was measured in *Semitendinosus* muscle. Meat quality parameters were not affected by treatment and the diameters of muscle fibers of restricted animals followed by compensatory growth didn't show alteration. Thus, the time and intensity of food restriction studied during this experiment didn't show any alterations regarding to physical, chemical and sensorial meat characteristics.

Keywords: food restriction, muscle growth, pork, proteolysis

Introdução

A criação de suínos passa constantemente por crises relacionadas à instabilidade dos preços do milho e da soja que são os principais ingredientes que compõem a ração. A alimentação representa aproximadamente 70% dos custos de produção, contudo, em épocas de elevação destes custos, é importante que o produtor disponha de alternativas de produção que minimizem os seus prejuízos sem comprometer a qualidade da carne produzida.

A restrição alimentar seguida por um período de alimentação à vontade, visando o ganho de peso compensatório dos animais, pode representar um recurso que venha amenizar estes momentos de déficit. Sabe-se que os animais expressam uma velocidade de crescimento acelerado após o período de restrição alimentar quando comparados a animais que receberam alimentação à vontade continuamente. Esse ganho de peso é dado pelo aumento do *turnover* protéico muscular (Kristensen et al., 2002), resultando em maior porcentagem de carne na carcaça.

Os principais fatores que influenciam o ganho compensatório são: a idade do animal no início da restrição, a severidade e a duração do período de estresse nutricional e a natureza da restrição alimentar (Alves, 2003).

Cada vez mais os consumidores buscam produtos com qualidade, e, em relação à carne, o ganho compensatório parece não afetar significativamente as características tecnológicas de qualidade, tais como pH final (24 horas), perda de água por gotejamento e coloração (Kristensen et al. 2002; Oksbjerg et al., 2002), tornando eficiente essa estratégia de produção.

Nesse sentido, o objetivo desse experimento foi avaliar os efeitos do ganho de peso compensatório de suínos em crescimento e terminação sobre as características de qualidade da carne.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, Laboratório de Anatomia Patológica e Laboratório de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da Universidade Estadual de Londrina e no Laboratório de Microscopia Óptica da Universidade Estadual de Maringá.

Foram utilizados 40 suínos machos castrados mestiços (Landrace X Large White), de mesma idade e peso médio inicial de $30,59 \pm 5,96$ kg. Os animais foram mantidos em número de dois em baias de alvenaria, com piso compacto e área de 3 m^2 .

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo 4 tratamentos e 5 blocos de acordo com o peso vivo dos animais, sendo que cada animal foi considerado uma unidade experimental.

As rações foram formuladas visando atender as exigências nutricionais mínimas estabelecidas pelo NRC (1998), subdividindo as necessidades nutricionais dos animais em três faixas de peso: entre 20 e 50 kg de peso vivo (Crescimento I), entre 50 e 80 kg de peso vivo (Crescimento II) e entre 80 e 120 kg de peso vivo (Terminação). Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Composição percentual, química e energética das rações experimentais

Table 1 – Chemical and energy composition (%) of the experimental diets

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Crescimento I <i>Growing phase I</i>	Crescimento II <i>Growing phase II</i>	Terminação <i>Finishing phase</i>
Milho <i>Corn</i>	69,564	76,608	83,173
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	26,347	19,460	13,287
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	1,017	0,860	0,688
Calcário <i>Limestone</i>	0,604	0,504	0,538
L-Lisina-HCl <i>L-Lysine-HCl</i>	0,025	0,064	0,014
Óleo vegetal <i>Vegetable oil</i>	1,643	1,704	1,500
Suplemento Vitamínico ^{1,2} <i>Vitamin supplement</i>	0,500	0,500	0,500
Suplemento mineral ³ <i>Mineral supplement</i>	0,050	0,050	0,050
Sal <i>Salt</i>	0,250	0,250	0,250
Valores calculados ⁴ <i>Calculated values</i>			
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	18,000	15,500	13,200
EM (kcal/kg) <i>Metabolizable energy</i>	3265	3265	3310
Matéria seca <i>Dry matter</i>	87,959	87,838	87,700
Fibra bruta (%) <i>Crude fiber</i>	3,069	2,759	2,486
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,290	0,257	0,228
Lisina (%) <i>Lysine</i>	0,950	0,800	0,600
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	0,600	0,500	0,450
Fósforo total (%) <i>Total phosphorus</i>	0,500	0,450	0,400

¹ Composição do suplemento vitamínico crescimento por kg de produto (*vitamin supplement per kg of product*): vit.A, 1.000.000 UI; vit.D3, 250.000 UI; vit.E, 2,750 UI; vit.K3, 625 mg; vit.B1, 300 mg; vit.B2, 1.050 mg; vit.B6, 275 mg; vit.B12, 3.750 mcg; ácido fólico (*folic acid*), 150mg; ácido pantotênico (*panthotenic acid*), 3.500 mg; niacina (*niacin*), 5.750 mg; colina (*coline*), 25.000 mg; Se, 75 mg; promotor de crescimento (*growth promoter*), 7,5 g; antioxidante (*antioxidant*), 2,5 g.

² Suplemento vitamínico terminação por kg de produto (*vitamin supplement per kg of product*): vit.A, 550.000 UI; vit.D3, 150.000 UI; vit.E, 2.500 UI; vit.K3, 550 mg; vit.l, 175 mg; vit.B2, 900 mg; vit.B6, 275 mg; vit.B12, 3.000 mcg; ácido fólico (*folic acid*), 150 mg; ácido pantotênico (*panthotenic acid*), 3.000 mg; niacina (*niacin*), 4.750 mg; Se, 75 mg; promotor de crescimento (*growth promoter*), 6,25 g; antioxidante (*antioxidant*), 2,5 g.

³ Suplemento mineral por kg de produto (*mineral supplement per kg of product*): Fe, 90.000 mg; Cu, 16.000 mg; Mg, 30.000 mg; Zn, 140.000 mg; Co, 200 mg; I, 850 mg; Se, 120 mg.

⁴ Valores calculados conforme tabela da EMBRAPA (1991) (*Values calculated according to EMBRAPA, 1991*)

Os tratamentos oferecidos foram:

T1: Controle, com ração à vontade durante todo o período experimental.

T2: 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 30 kg, durante 21 dias.

T3: 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 50 kg, durante 21 dias.

T4: 20% de restrição alimentar em relação ao grupo controle, iniciando com peso médio de 70 kg, durante 21 dias.

O fornecimento de ração aos grupos em restrição foi realizado com base no consumo diário de ração do grupo controle. A quantidade de ração foi ajustada diariamente, de modo a oferecer aos grupos em restrição 80% do consumo do dia anterior do grupo controle.

Durante o período de restrição alimentar, os animais tinham acesso a dois cochos na baia, a fim de se evitar competição por alimento. Após a restrição, os animais receberam ração à vontade com o objetivo de exibirem o ganho de peso compensatório. Todos os animais receberam água à vontade durante todo o período experimental.

Os suínos foram abatidos com idade média de 160 dias e peso médio de $117,32 \pm 6,76$ kg em um abatedouro localizado a 45 km da cidade de Londrina. O manejo pré-abate consistiu na

retirada da ração 12 horas antes do embarque, sendo que os animais permaneceram em dieta hídrica até o abate. O embarque dos suínos foi realizado às sete horas da manhã, sendo que o tempo de transporte foi de aproximadamente uma hora. O processo de abate consistiu primeiramente em uma insensibilização via corrente elétrica, com um equipamento da marca Petrovina® IS 2000 com dois eletrodos, utilizando-se 350 volts e 1,3 ampères. O choque elétrico foi aplicado por um período de aproximadamente três segundos. A sangria foi realizada através do corte da veia jugular, com os animais na posição vertical, suspensos pelo membro posterior. Após o abate, escaldagem e evisceração, as carcaças foram divididas ao meio longitudinalmente e resfriadas à temperatura de $2 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas, na câmara de resfriamento do frigorífico.

O pH da carne foi medido no músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela, aos 45 minutos após o abate (pH inicial) com o potenciômetro da marca Sentron 1001. Após 24 horas de resfriamento (pH final) a aproximadamente $2 \pm 1^\circ\text{C}$, o pH foi medido em laboratório, de acordo com o método proposto pelo LANARA (1981), utilizando-se o potenciômetro da marca TECNAL Tec – 3MP.

Após 24 horas de resfriamento foi retirada de cada meia-carcaça esquerda uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de aproximadamente 20 cm. As amostras foram identificadas e acondicionadas em caixas de isopor, sendo em seguida transportadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Londrina. De cada lombo foi retirada a camada de gordura adjacente, e então foram coletadas 5 amostras de aproximadamente 2,5 cm de espessura.

No sentido caudo-cranial do músculo, a primeira amostra foi utilizada para avaliar a cor, marmoreio e estimar a perda de água por gotejamento; a segunda foi utilizada para medir a perda de água no descongelamento e na cocção e para medir a força de cisalhamento (textura); a

terceira foi utilizada para análise sensorial; a quarta para o índice de fragmentação miofibrilar e a quinta para composição química.

Com exceção da primeira amostra, os lombos foram colocados individualmente em sacos plásticos, vedados e armazenados em freezer a -20°C até a realização das análises.

Para análise de cor, as amostras ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi medida pelo aparelho colorímetro portátil Minolta® CR10, com esfera de integração e ângulo de visão de 8° , ou seja, iluminação $d/8$ e iluminante C. Os componentes L^* (luminosidade), a^* (componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB. Estas mesmas amostras também foram avaliadas subjetivamente para cor e marmoreio, utilizando-se padrões fotográficos (National Pork Producers Council, 1991), onde foram atribuídas notas de 1 a 5 (1 = mais clara e 5 = mais escura, para cor e 1 = traços de marmoreio e 5 = marmoreio abundante, para marmoreio).

A capacidade de retenção de água da carne foi avaliada utilizando-se três metodologias: perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento e perda de água na cocção. A perda de água por gotejamento foi avaliada segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981). A perda de água no descongelamento foi obtida pela diferença de peso da amostra congelada e após o degelo por 24 horas na temperatura de $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$. A perda de água na cocção foi obtida pela diferença de peso da amostra descongelada e após o cozimento em forno pré-aquecido a 170°C , até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente 71°C .

Para avaliar a maciez da carne, utilizaram-se as amostras das análises de perda de água por descongelamento e cocção, sendo que após a cocção, as amostras permaneceram armazenadas por 24 horas a $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Foram retiradas sub-amostras cilíndricas de 2,5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, utilizando-se um amostrador de aço da forma cilíndrica. A força de cisalhamento

foi tomada perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler adaptada no texturômetro Stable Mycro Systems TA-XT2i (Bouton et al., 1971). As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré e pós-teste e de 2 mm/s no teste.

A análise sensorial foi realizada com o auxílio de 43 provadores, através do Teste de Ordenação (Dutcosky, 1996). Esse teste teve como objetivo comparar as amostras de carne em relação ao atributo de maciez e verificar se estas diferem entre si. As amostras, sendo uma de cada tratamento, foram assadas sem adição de tempero e foram apresentadas aos provadores, que deveriam ordenar as amostras de acordo com a maciez, ou seja, da mais macia para a menos macia.

A análise indireta da atividade de enzimas proteolíticas foi determinada pelo Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM), obtido através de modificações nos métodos propostos por Culler et al. (1978) e Hopkins et al. (2000).

A extração foi conduzida em duplicata. Inicialmente, cortou-se 4g de músculo congelado livre de gordura e tecido conectivo. As amostras de carne foram colocadas em *becker* plástico e adicionaram-se 20 mL de solução tampão (100 mM de KCl, 20 mM de fosfato de potássio, 1 mM de EDTA, 1 mM de MgCl₂ e 1 mM de NaN₃) a uma temperatura de 2°C, sendo posteriormente homogeneizadas no aparelho da marca Heidolph DIAX 600 a 13.500 rpm durante 30 segundos, seguido por 30 segundos de descanso e novamente homogeneizadas por 30 segundos. As soluções obtidas foram colocadas em tubos de 50 mL e levadas a uma centrífuga refrigerada a uma velocidade de 14000g por 15 minutos a 2°C. Os sobrenadantes foram filtrados e reservados, mantendo-se a temperatura de 2°C. Aos decantados que permaneceram nos tubos, adicionou-se 20 mL de solução tampão (2°C) e homogeneizou-se as soluções com um bastão de vidro, sendo novamente centrifugadas nas condições já descritas. Os sobrenadantes foram filtrados, juntando-se aos anteriores. Os decantados que permaneceram nos tubos foram

ressuspensos em 10 mL de solução tampão (2°C), homogeneizados em vórtex e filtrados, juntando-se aos dois filtrados anteriores.

O ensaio protéico foi conduzido em duplicata, colocando-se em tubos de ensaio 0,25 mL da solução de miofibrilas, 0,75 mL de solução tampão e 4mL de reagente biureto. Os tubos foram colocados em ambiente escuro por 30 minutos para a reação. Simultaneamente fez-se uma curva padrão com Albumina Sérica Bovina, sendo que as concentrações de albumina foram zero (branco); 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 5,0; 7,0 e 10 mg/mL. As amostras foram lidas em espectrofotômetro a 540 nm a fim de se obter a concentração de proteína necessária para se determinar o Índice de Fragmentação Miofibrilar.

A determinação do IFM foi conduzida em triplicata. É necessário que se tenha uma solução com 0,5 mg de proteína/mL em uma solução final de 8 mL, sendo que 4mL devem ser obrigatoriamente de reagente biureto e que o restante seja calculado e dividido entre a solução de miofibrilas e a solução tampão. Dessa forma, colocou-se os tubos de ensaio em um ambiente escuro por 30 minutos e logo em seguida fez-se a leitura em espectrofotômetro a 540 nm. O IFM foi obtido multiplicando-se o valor da absorbância por 200.

Para composição química, os parâmetros umidade, cinzas, proteínas e lipídios foram determinados de acordo com os métodos propostos pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

No dia seguinte ao abate, amostras do músculo *Semitendinosus* de cada meia-carcaça esquerda foram coletadas com o objetivo de medir o diâmetro das fibras musculares através da microscopia óptica. Para capturar as imagens das lâminas, utilizou-se uma Câmera Digital Pro-series 3-Chipcolor e um Microscópio Olympus BX50. Para determinar o diâmetro das fibras musculares foi utilizado o programa Image-Pro Plus, versão 4.5.1.22. Foram amostrados 10 campos microscópicos aleatórios de cada corte e foi medido o menor diâmetro das células

musculares, conforme Dubowitz & Brooke (1973). De cada campo, foi medido o diâmetro menor de 15 fibras, aleatoriamente, totalizando 150 observações por lâmina e 1500 por tratamento.

Os resultados obtidos, com exceção dos referentes à análise sensorial, foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Tukey. Para as variáveis cor painel e marmoreio foi realizada transformação radical de dados. Realizou-se análise de regressão em função do peso dos animais no início do período de restrição, com exclusão dos dados referentes ao tratamento controle. Para as análises, utilizou-se o programa SAEG (1997).

Os resultados da análise sensorial foram submetidos ao Teste de Friedman, utilizando-se a tabela de Newel e Mac Farlane (Dutcosky, 1996), que indica a diferença crítica entre os totais de ordenação de acordo com o número de tratamentos testados e o número de julgamentos obtidos.

Resultados e Discussão

Foi observado que os animais que passaram por um período de restrição alimentar, seguido por um período de alimentação à vontade exibiram ganho de peso compensatório, atingindo ao final do experimento pesos estatisticamente semelhantes ($P>0,05$) aos dos animais do grupo controle (Tabela 2).

Tabela 2 - Peso dos suínos ao final do experimento (médias e desvios-padrão)

Table 2 - Pigs' weight at the end of experiment (means and standard deviations)

Parâmetros <i>Parameters</i>	Ração à vontade <i>Ad libitum feeding</i>	Restrição no Crescimento I <i>Restriction in growing phase I</i>	Restrição no Crescimento II <i>Restriction in growing phase II</i>	Restrição na Terminação <i>Restriction in finishing phase</i>	Coefficiente de variação (%) <i>Variation coefficient(%)</i>
Peso (kg) <i>Weight (kg)</i>	119,42±5,90	115,13±7,35	116,86±7,763	117,87±6,23	5,88

Os valores de pH inicial e pH final do músculo *Longissimus dorsi* estão presentes na Tabela

Tabela 3 - Valores de pH inicial e final do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)

Table 3 - Initial and ultimate pH values of *Longissimus dorsi* muscle from pigs submitted to feed restriction of 20% for 21 days with subsequent ad libitum feeding (means and standard deviations)

Parâmetros <i>Parameters</i>	Ração à vontade <i>Ad libitum feeding</i>	Restrição no Crescimento I <i>Restriction in growing phase I</i>	Restrição no Crescimento II <i>Restriction in growing phase II</i>	Restrição na Terminação <i>Restriction in finishing phase</i>	Coefficiente de variação (%) <i>Variation coefficient(%)</i>
pH inicial <i>Initial pH</i>	6,15±0,21	5,87±0,56	6,21±0,39	6,08±0,38	6,90
pH final <i>Ultimate pH</i>	5,84±0,33	5,42±0,55	5,55±0,19	5,61±0,24	6,11

O pH exerce influência direta ou indireta sobre as diversas características de qualidade da carne, tais como cor, capacidade de retenção de água, maciez, suculência e sabor (Rübensam, 2001). Os valores de pH do músculo *Longissimus dorsi* encontram-se dentro dos valores esperados. Variações no pH podem ser explicadas tanto pela velocidade quanto extensão da redução do pH *post mortem* que podem ser influenciadas por fatores intrínsecos como espécie, o tipo de músculo e a variabilidade entre os animais, e também por fatores extrínsecos, como temperatura ambiente (Lawrie, 2005).

Os valores de cor subjetiva e objetiva, perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento e perda de água na cocção estão presentes na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de cor subjetiva e objetiva, perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento, perda de água na cocção do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvio-padrão)

Table 4 - Meat colour, drip loss, thawing loss and cooking loss values of *Longissimus dorsi* muscle from pigs submitted to feed restriction of 20% for 21 days with subsequent ad libitum feeding (means and standard deviations)

Parâmetros <i>Parameters</i>	Ração à vontade <i>Ad libitum feeding</i>	Restrição no Crescimento I <i>Restriction in growing phase I</i>	Restrição no Crescimento II <i>Restriction in growing phase II</i>	Restrição na Terminação <i>Restriction in finishing phase</i>	Coefficiente de variação (%) <i>Variation coefficient(%)</i>
Cor painel <i>Panel color</i>	3,90±0,97	3,34±0,59	2,90±1,22	3,30±1,18	30,91
a* <i>a*</i>	4,37±0,83	5,57±1,65	6,36±0,90	4,87±2,80	34,17
b* <i>b*</i>	8,69±2,06	10,10±1,46	10,96±1,21	8,91±2,93	21,51
L* <i>L*</i>	51,12±8,40	51,14±3,58	54,54±4,52	51,21±6,88	11,66
Perda de água por gotejamento (%) <i>Drip loss (%)</i>	2,36±0,77	1,99±0,42	2,21±0,70	2,76±0,71	26,73
Perda de água no descongelamento (%) <i>Thawing loss (%)</i>	5,22±2,69	5,80±1,29	5,57±3,04	5,21±2,55	46,56
Perda de água na cocção (%) <i>Cooking loss (%)</i>	20,50±2,97	20,86±3,52	20,59±2,84	21,35±3,84	16,27

Com relação à coloração, tanto a medida subjetiva, realizada através de padrão fotográfico, quanto a medida objetiva, feita através do aparelho colorímetro, não demonstraram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($P>0,05$). Esse resultado está de acordo com Therkildsen et al. (2002), que também não observaram efeito do ganho compensatório sobre as características de coloração L*, a* ou b*.

A capacidade de retenção de água é um atributo de extrema importância, uma vez que afeta a aparência da carne antes do cozimento, seu comportamento durante o cozimento e a suculência durante a mastigação. Assim, a diminuição da capacidade de retenção de água é manifestada pela exsudação de fluido conhecida como “choro” da carne não cozida que foi

congelada, como “gotejamento” da carne não cozida descongelada, e como “encolhimento” das carnes cozidas (Lawrie, 2005).

Para a característica de perda de água por gotejamento, houve efeito linear ($P < 0,05$) sobre o peso dos animais no início da restrição alimentar. Esse resultado demonstra que, quanto mais tardio o início da restrição alimentar e menor o tempo de alimentação à vontade pós-restrição, maior foi a perda de água por gotejamento ($Y = 1,3342 + 0,0194552X$, $R^2 = 0,88$).

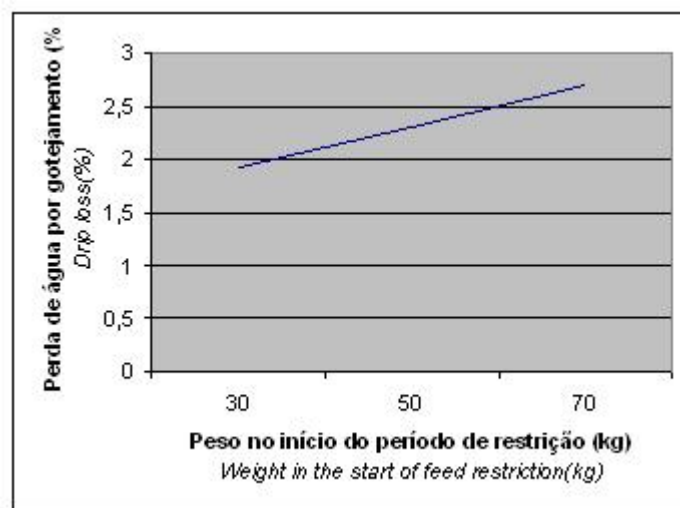


Figura 1. Perda de água por gotejamento do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos à restrição alimentar com subsequente ganho compensatório

Figure 1. Drip loss of Longissimus dorsi muscle from pigs submitted to feed restriction with subsequent compensatory growth

De acordo com Warner et al. (1997), a perda de água por gotejamento em uma carne normal deve ser menor que 5%. No entanto, o National Pork Producers Council (1998) indica que a perda de água por gotejamento não deve exceder 2,5%. Neste trabalho, independentemente do período de restrição aplicado, todos os tratamentos permaneceram próximos a esses valores estabelecidos.

Therkildsen et al. (2002), apesar de não terem obtido valores significativos para essa característica entre os tratamentos, observaram valores de perda de água por gotejamento superiores a 5%. No entanto, esses autores trabalharam com 40% de restrição alimentar, e os maiores valores (6,22% e 6,56%) foram observados nos animais que tiveram o menor período de alimentação à vontade (10 e 18 dias) após o período de restrição alimentar (60 e 52 dias).

Quanto às características de perda de água no descongelamento e cocção, também não ocorreram diferenças entre os tratamentos ($P>0,05$). Como a quantidade de água retida na carne está diretamente influenciada pelos valores de pH inicial e pH final, e como também não houve diferença estatística nos valores de pH, era esperado que não fossem observadas diferenças na quantidade de água retida.

Kristensen et al. (2002) também não observaram diferenças significativas na perda de água por descongelamento e cocção na carne dos animais que receberam alimentação à vontade durante todo o experimento, alimentação à vontade no crescimento e restrição na terminação e restrição no crescimento e alimentação à vontade na terminação. Porém, os autores observaram aumento nas perdas por descongelamento na carne dos animais que receberam restrição alimentar durante todo o período experimental.

Therkildsen et al. (2002), aplicando restrição alimentar de 40% em relação ao grupo controle, com diferentes períodos de restrição e de alimentação à vontade, também não observaram nenhum efeito nas perdas de água por gotejamento, descongelamento e cocção em nenhuma das estratégias de alimentação. Esses resultados estão de acordo com Oksbjerg et al. (2002) e Kristensen et al. (2002) que observaram que o ganho compensatório não afetou as características de qualidade de carne dos suínos.

Como pode ser observado na Tabela 5, em relação ao marmoreio da carne, não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para essa característica. No entanto, Kristensen et al.

(2004) observaram que os valores de gordura intramuscular dos machos castrados que passaram por um período de restrição alimentar (52 e 62 dias) seguido por um período de alimentação à vontade (60 e 50 dias) foram menores, quando comparados aos animais que receberam alimentação à vontade durante todo o período experimental.

Tabela 5 - Valores de marmoreio, força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)
 Table 5 - *Marbling and shear force values and myofibrillar fragmentation index (MFI) of Longissimus dorsi from pigs submitted to feed restriction of 20% for 21 days with subsequent ad libitum feeding (means and standard deviations)*

Parâmetros <i>Parameters</i>	Ração à vontade <i>Ad libitum feeding</i>	Restrição no Crescimento I <i>Restriction in growing phase I</i>	Restrição no Crescimento II <i>Restriction in growing phase II</i>	Restrição na Terminação <i>Restriction in finishing phase</i>	Coefficiente de variação (%) <i>Variation coefficient(%)</i>
Marmoreio <i>Marbling</i>	1,55±0,86	1,69±0,63	1,90±1,05	1,85±1,00	30,91
Força de cisalhamento (kgf) <i>Shear force (kgf)</i>	4,40±1,16	4,71±1,17	4,38±1,10	4,22±0,91	24,99
IFM <i>MFI</i>	73,85±5,04	75,15±11,16	77,64±7,99	78,62±7,92	10,35

Os valores de força de cisalhamento e de índice de fragmentação miofibrilar (Tabela 5) não foram significativos entre os tratamentos. De acordo com o National Pork Producers Council (1998), o valor estabelecido para o atributo de maciez é em torno de 3,2 kg para uma análise utilizando-se o aparelho Warner Bratzler Shear até 7 dias *post mortem*. A fragmentação das miofibrilas tem sido associada à proteólise *post mortem* e à maciez da carne, e de acordo com Culler et al. (1978), amostras que apresentam valor de IFM de 60 ou superior a esse valor, são consideradas muito macias. Amostras que possuem valores em torno de 50 são levemente macias e valores abaixo de 50 indicam ausência de maciez na carne.

Therkildsen et al. (2002), embora também não tivessem obtido diferença estatística entre os tratamentos, observaram que quanto menores os valores da força de cisalhamento maiores os valores de IFM um dia *post mortem*. Para esses autores, a ausência de efeitos dos tratamentos para a maciez foi devido a um curto período de alimentação à vontade após o período de restrição alimentar, uma vez que a restrição alimentar resulta em baixo *turnover* protéico quando comparado à estratégia de alimentação à vontade. O aumento na velocidade de crescimento observado durante o ganho compensatório é devido ao aumento gradual de ambas, síntese e degradação de proteínas, com balanço positivo para a síntese, e de acordo com Kristensen et al. (2002), essa situação aumenta a proteólise *post mortem* e, assim, ocorre o aumento da maciez.

Kristensen et al. (2002), observaram valores significativamente menores quanto à força de cisalhamento nas amostras de carne dos suínos que exibiram ganho compensatório após 1 dia de armazenamento. Porém, após 4 dias de armazenamento, as diferenças entre o grupo que recebia alimentação *ad libitum* e o grupo que exibiu ganho compensatório após um período de restrição, praticamente desapareceram. De acordo com os autores, isso ocorreu pois a carne dos animais que exibem ganho compensatório apresenta uma velocidade inicial mais rápida de maciez *post mortem* do que a da carne dos suínos alimentados *ad libitum* continuamente, mas que em um determinado tempo os dois grupos atingem praticamente os mesmos valores de força de cisalhamento. Isso possivelmente explica os valores tão próximos de força de cisalhamento encontrados neste experimento, uma vez que a análise de força de cisalhamento foi realizada após 6 meses de armazenamento da carne a uma temperatura de -20°C .

A análise sensorial não revelou diferença entre os tratamentos quanto à maciez da carne, porém, quanto menor a pontuação obtida, maior a maciez da carne. A diferença crítica entre os totais de ordenação ao nível de 5% de significância deveria ser no mínimo de 31 pontos entre os tratamentos para que houvesse diferença, porém, a pontuação obtida pela apreciação dos

provedores foi respectivamente 114, 106, 106 e 104 para os tratamentos Controle, Restrição no Crescimento I, Restrição no Crescimento II e Restrição na Terminação, indicando que o valor máximo de diferença encontrada foi de 10 pontos entre os tratamentos Controle e com início da restrição na Terminação. Esse resultado está de acordo com Therkildsen et al. (2002) que também não encontraram diferenças em relação à maciez na análise sensorial.

A composição química aproximada das amostras do músculo *Longissimus dorsi* está presente na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores da composição química aproximada do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)

Table 6 - Chemical composition values of *Longissimus dorsi* from pigs submitted to feed restriction of 20% for 21 days with subsequent ad libitum feeding (means and standard deviations)

Parâmetros <i>Parameters</i>	Ração à vontade <i>Ad libitum feeding</i>	Restrição no Crescimento I <i>Restriction in growing phase I</i>	Restrição no Crescimento II <i>Restriction in growing phase II</i>	Restrição na Terminação <i>Restriction in finishing phase</i>	Coefficiente de variação (%) <i>Variation coefficient(%)</i>
Umidade (%) <i>Moisture (%)</i>	73,20±1,56	70,65±6,59	72,48±1,13	72,74±0,89	4,73
Cinzas (%) <i>Ash (%)</i>	1,07±0,08	1,08±0,11	1,07±0,07	1,12±0,03	7,93
Proteínas (%) <i>Protein (%)</i>	24,22±1,16	23,91±2,69	25,28±1,48	24,56±1,57	7,11
Lipídios (%) <i>Lipids (%)</i>	2,45±1,20	2,55±0,64	3,11±1,26	2,91±0,49	35,57

Em termos gerais, a composição da carne pode ser de aproximadamente 75% de água, 19% de proteína, 3,5% de substâncias não protéicas solúveis e 2,5% de gordura (Lawrie, 2005).

Observando-se os dados da Tabela 6, nota-se que não houve diferença estatística ($P>0,05$) entre os tratamentos para as características analisadas, embora os níveis de proteína encontrados (24-25%) foram ligeiramente superiores aos citados na literatura, que variam de 19 a 22%.

A Tabela 7 mostra os valores do diâmetro das fibras do músculo *Semitendinosus*.

Tabela 7 - Valores do diâmetro das fibras do músculo *Semitendinosus* de suínos submetidos à restrição alimentar de 20% durante 21 dias com posterior alimentação à vontade (médias e desvios-padrão)

Table 7 - Diameter of *Semitendinosus* muscle's fibers from pigs submitted to feed restriction of 20% for 21 days with subsequent *ad libitum* feeding (means and standard deviations)

Parâmetros <i>Parameters</i>	Ração à vontade <i>Ad libitum feeding</i>	Restrição no Crescimento I <i>Restriction in growing phase I</i>	Restrição no Crescimento II <i>Restriction in growing phase II</i>	Restrição na Terminação <i>Restriction in finishing phase</i>	Coefficiente de variação (%) <i>Variation coefficient(%)</i>
Diâmetro da fibra (μm) <i>Fiber diameter</i>	50,48 \pm 5,85	48,00 \pm 5,53	49,49 \pm 5,63	50,36 \pm 4,58	11,27

O diâmetro das fibras musculares do músculo *Semitendinosus* também não diferiu estatisticamente ($P>0,05$). De acordo com Arrigoni (1995), o crescimento compensatório recupera as áreas das fibras que sofrem redução durante a fase de restrição alimentar, igualando-se às fibras musculares daqueles animais que receberam alimentação *ad libitum* continuamente.

Conclusões

A estratégia da restrição alimentar de 20% por 21 dias seguida por uma alimentação à vontade visando o ganho de peso compensatório dos animais não afetou as características tecnológicas de qualidade da carne suína. O diâmetro das fibras musculares dos animais que passaram por restrição alimentar seguido de ganho de peso compensatório não sofreu alteração, permitindo reiterar que sob os valores de tempo e intensidade de restrição aplicados, as características físicas, químicas e sensoriais mantiveram-se inalteradas.

Agradecimentos

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

Literatura Citada

ALVES, D.D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.98, n.546, p.61-67, 2003.

ARRIGONI, M.B. **Efeito da restrição alimentar sobre o desempenho, área e tipos de fibras musculares em bovinos jovens confinados**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1995. 73p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1995.

BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. et al. **Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments**. Beef Production Program: Report of a working group in the Commission of the European Communities. 1981.

BOUTON P.E.; HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v.36, p.435-439, 1971.

CULLER, R.D.; PARRISH, F.C.; SMITH, G.C. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *Longissimus* muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.

DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. **Muscle biopsy: a modern approach**. London, Sunders, 1973.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial dos alimentos**. 2.ed. Curitiba: Universitária Champagnat, 1996. 123p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia, Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves: 1991.

HOPKINS, D.L.; LITTLEFIELD, P.J.; THOMPSON, J.M. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Science**, v.56, p.19-22, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.

KRISTENSEN, L.; THERKILDSEN, M.; RIIS, B. et al. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: Effects on *in vivo* and *postmortem* muscle proteolysis and meat quality. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2862-2871, 2002.

KRISTENSEN, L.; THERKILDSEN, M.; AASLYNG, M.D. et al. Compensatory growth improves meat tenderness in gilts but not in barrows. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3617-3624, 2004.

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL – LANARA. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. II- Métodos físicos e químicos. Brasília: Distrito Federal, 1981.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Pork quality targets**,1998. Disponível em: <http://www.meatscience.org/Pubs/factsheets/porkqualtargets.pdf> .Acesso em jan. 2006.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Procedures to evaluate market**. 3.ed. Des Moines, Iowa, 1991.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutritional requirements of swine**. 10. ed. Washington, DC.: 1998. 189 p.

OKSBJERG, N.; SØRENSEN, M.T.; VESTERGAARD, M. Compensatory growth and its effects on muscularity and technological meat quality in growing pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science**, v.52, p.85-90, 2002.

RÜBENSAM, J.M. Transformações *postmortem* e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais eletrônicos...**Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2000.

THERKILDSEN, M.; RIIS, B.; KARLSSON, A. et al. Compensatory growth response in pigs, muscle protein *turnover* and meat texture: effects of restriction/realimentation period. **Animal Science**, v.75, p-367-377, 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 7.1. Viçosa, MG: 1997. 150p. (Manual do usuário).

WARNER, R.D.; KAUFFMAN, R.G.; GREASE, M.L. Muscle protein changes *post mortem* in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v.45, n.3, p.339-352, 1997.