

Evolução e horizontes: avanços contínuos na qualidade da carne suína

Por Giovanna B. Alcântara, Natália A. Ferreira, Ana Maria Bridi, Caio A. da Silva, Rafael H. Carvalho, Cleandro P. Dias e Marco Aurélio Callegari

A qualidade da carne suína é multifacetada, influenciada por fatores vinculados ao animal e ao manejo que recebe, como a genética, o sexo, a nutrição e o manejo pré-abate, mas também pelos atributos tecnológicos que detém, pela imagem social que vincula, pela conveniência que experimenta, entre outros. Relativo aos aspectos intrínsecos envolvidos, a retenção de água, a coloração, a composição da gordura, a estabilidade oxidativa e a padronização dos cortes/carne são conceitos-chave para a definição desta qualidade (LEBRET; CANDEK-POTOKAR, 2022).

Esses fatores, combinados com o genótipo e as estratégias nutricionais, moldam a qualidade final da carne, exigindo uma gestão holística ao longo de toda a cadeia produtiva para a maximização deste princípio, que, todavia, mostra-se aumentado pelas demandas cada vez maiores de sustentabilidade do processo produtivo, paralelo ao atendimento das questões éticas e ambientais cobradas pelos consumi-

dores. Assim, a qualidade não se limita aos aspectos sensoriais ou nutricionais, englobando também a adequação para processamento, conveniência e imagem social do produto. A Organização Internacional para Padronização (ISO) define qualidade como o conjunto de características que satisfazem as necessidades dos usuários finais, o que, no contexto da carne suína, inclui desde a qualidade comercial da carcaça até a imagem social associada ao produto (PRACHE *et al.*, 2022).

1. TIPIFICAÇÃO DE CARÇAÇAS SUÍNAS

Precedendo o tema qualidade da carne suína propriamente dito, é imprescindível explorar o conceito de tipificação de carcaças suínas. Esse processo é determinante na qualidade da carne, envolvendo a análise quantitativa da composição muscular e de gordura desta. Esse processo permite a classificação e seleção da matéria-prima para a indústria, basean-



do-se em medidas como espessura do toucinho e profundidade do músculo do *Longissimus dorsi*.

A implementação desse sistema tem levado a melhorias na qualidade das carcaças, destacando a sua importância não apenas para a seleção, mas também para aprimorar a eficiência produtiva. A distribuição de carne e

Giovanna B. Alcântara; Natália Alves Ferreira; Ana Maria Bridi; Caio Abércio da Silva; Rafael H. Carvalho* - Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR
Cleandro Pazinato Dias; Marco Aurélio Callegari - Akei Animal Research, Fartura, SP *rafael.carvalho@uel.br

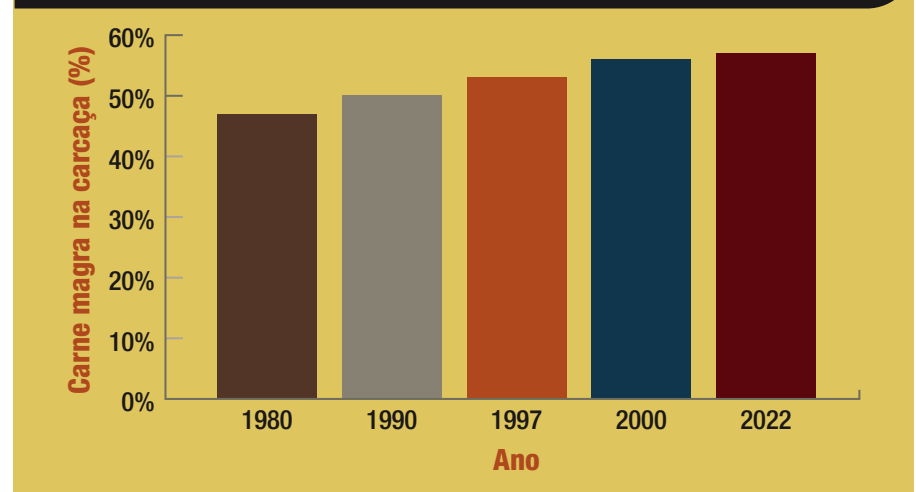


130 kg, a composição da carcaça compreende em média 50% a 60% de tecido muscular e 15% a 19% de gordura. Em nível de cortes cárneos, a distribuição de carne e de gordura varia entre os cortes primários, com o pernil oferecendo a melhor relação carne/gordura. Esse perfil destaca a trajetória e os desafios na maximização da qualidade da carne suína, alinhando

significativo de até 12 pontos percentuais na porcentagem de carne magra na carcaça (PCM), com 92% das carcaças alcançando uma PCM mínima de 55% em 2020, refletindo uma resposta direta às preferências dos consumidores por produtos com menor participação de tecidos adiposos.

Relativamente à qualidade tecnológica e, por consequência, sensorial da

FIGURA 1. EVOLUÇÃO PERCENTUAL DE CARNE MAGRA AO LONGO DE 40 ANOS, ADAPTADO DE FÁVERO ET AL. (2009)



gordura varia entre os cortes, influenciando diretamente a qualidade final da carne suína. O gráfico da Figura 1 ilustra a evolução do percentual de carne magra na carcaça suína ao longo dos últimos 40 anos.

Na indústria suinícola contemporânea, especialmente nos suínos com peso de abate entre 110 kg e

NOTA DO EDITOR

Conforme os autores, os desafios na maximização da qualidade da carne suína compreendem o alinhamento das práticas de abate e de processamento com as demandas de mercado e os padrões de consumo, refletindo os avanços na qualidade do produto final; além de uma gestão holística ao longo de toda a cadeia produtiva.

as práticas de abate e de processamento às demandas de mercado e aos padrões de consumo, refletindo os avanços na qualidade do produto final.

2. QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

2.1. Genótipo

O genótipo dos suínos é um fator relevante na determinação da composição e da qualidade da carne suína. Embora existam muitas raças de suínos, o setor comercial tem utilizado comumente animais cruzados que têm no seu genótipo a participação de um número limitado de raças, que pela heterose, promovem um maior benefício econômico. Desde a década de 1970, observou-se um incremento

carne, os principais genes que afetam negativamente a qualidade da carne suína são o gene do halotano (RYR1, mutação R615C) e o gene RN (PRKAG3, substituição R200Q). Ambas as mutações interferem no metabolismo glicolítico muscular pós-morte, reduzindo a capacidade de retenção de água, a cor e a qualidade tecnológica da carne, resultando em maior dureza. O alelo desfavorável do gene do halotano foi amplamente mitigado em raças afetadas, como pietrain e landrace belga. Para o gene PRKAG3, o alelo desfavorável RN- foi eliminado na raça hampshire, enquanto uma mutação favorável (199I) é prevalente na raça berkshire.

As linhagens suínas modernas, selecionadas para depositarem uma maior

quantidade de carne magra na carcaça, apresentam uma concentração menor de ácidos graxos saturados e monoinsaturados em comparação aos suínos de fenótipo que acumulam mais gordura, atribuída à reduzida lipogênese endógena. Esse processo é responsável pela síntese exclusiva de ácidos graxos saturados e monoinsaturados nos suínos. Em contraste, os ácidos graxos poli-insaturados provêm da dieta, e assim podem ser incorporados como tal nas carcaças, indicando a importância da nutrição na composição lipídica da carne suína. O grau de saturação das gorduras, que pode ser

EM RESUMO

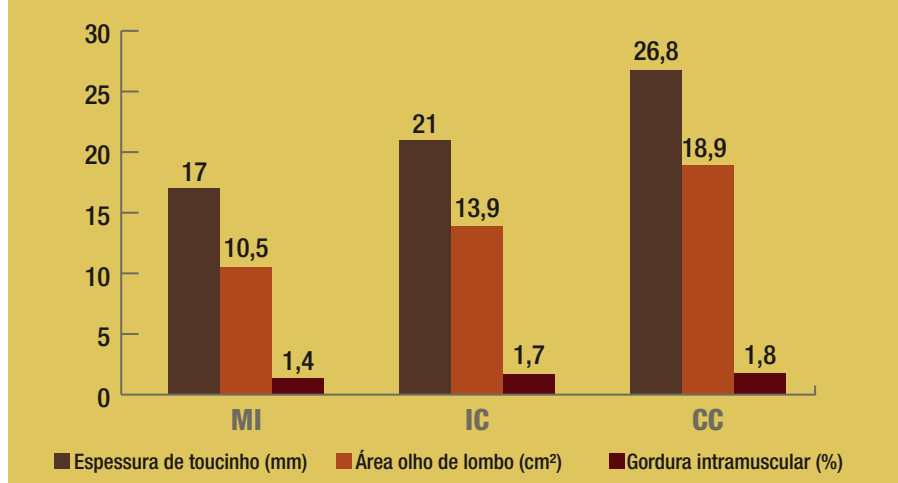
■ Satisfazer as necessidades dos usuários finais, no contexto da carne suína, inclui desde a qualidade comercial da carcaça até a imagem social associada ao produto.

■ Pesquisas avançam no desenvolvimento de métodos para detectar rapidamente carcaças afetadas por esses odores [indezíveis, pós-imunocastração], incluindo a espectrometria de massa e o nariz eletrônico.

■ Estratégias como restrição alimentar, uso de aditivos e ajustes na relação proteína/energia são ferramentas para otimizar a quantidade de carne magra na carcaça, um fator-chave para a comercialização da carne.

■ As condições estressantes do pré-abate respondem por alterações que levam a desvios no metabolismo muscular e na termorregulação dos suínos, afetando diretamente o pH e a CRA na carne.

FIGURA 2. INFLUÊNCIA DA IMUNOCASTRAÇÃO (IC) EM SUÍNOS MACHOS SOBRE A ESPESSURA DO TOUCINHO, A ÁREA DO OLHO DO LOMBO E O CONTEÚDO DE GORDURA INTRAMUSCULAR, EM COMPARAÇÃO COM ANIMAIS NÃO CASTRADOS (MI) E AQUELES SUBMETIDOS À CASTRAÇÃO CIRÚRGICA (CC). ADAPTADO DE POKLUKAR ET AL. (2021)



avaliado pelo índice de iodo, é importante no processamento tecnológico da carne. Gorduras mais insaturadas podem diminuir a fatiabilidade do bacon e oxidar com maior facilidade.

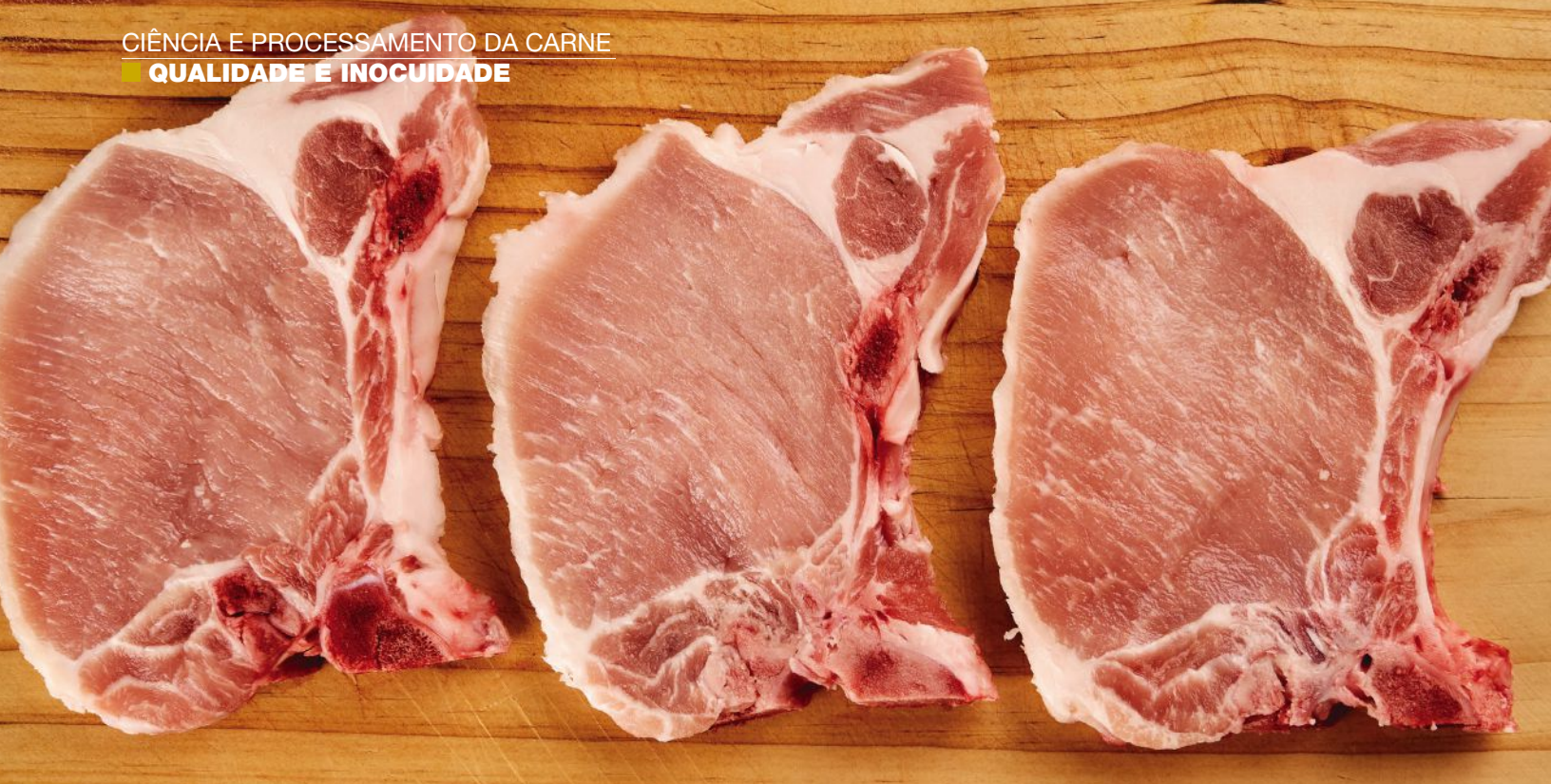
Com relação à gordura intramuscular, ela é uma condição que leva à marmorização, à maciez e à suculência da carne, atributos entre os mais valorizados atualmente pelos consumidores. A raça duroc tem se destacado como um potente modulador dessas características. A marmorização é reforçada pela expressão aumentada de genes relacionados ao metabolismo de gordura intramuscular, como PPAR γ e FAT/CD36, nos tecidos musculares, sugerindo um potencial genético distinto da raça duroc para produzir carne suína com qualidades organolépticas superiores (SOARES et al., 2022).

2.2. Sexo

No contexto produtivo, o sexo dos animais tem o poder de determinar a qualidade e o valor comercial da carne, com machos não castrados (MI)

exibindo maior quantidade de carne magra em comparação aos machos imunocastrados (IC), às fêmeas (FE) e aos machos castrados cirurgicamente (CC), respectivamente. A eficiência alimentar superior dos MI contribui para redução dos custos de produção, enquanto a castração cirúrgica levanta preocupações e proibições de bem-estar animal. Quanto ao perfil de ácidos graxos, os machos não castrados (MI) são marcados por uma proporção maior de gordura insaturada, contrastando com os suínos castrados, que apresentam níveis mais elevados de gordura saturada; as fêmeas, por sua vez, apresentam uma composição de ácidos graxos que se situa entre estes (SCHWOB; LEBRET; LOUVEAU, 2020). Nesse tema, o aumento simultâneo da idade e do peso dos suínos, condição natural que acompanha seu desenvolvimento, está associado a um aumento na síntese endógena e acúmulo de ácidos graxos saturados e monoinsaturados.

Nessa perspectiva, a imunocas-



tração (IC) emerge como uma alternativa promissora, equilibrando a qualidade da carne entre MI e CC, sem os desafios éticos da castração cirúrgica. A Figura 2 apresenta uma comparação entre os parâmetros de qualidade da carne e da gordura, destacando as respostas dos MI e CC em contraste aos IC. Contudo, a adoção da IC, pelos riscos limitados que todavia tem quando as respostas imunológicas não são plenas, uma condição vinculada ao indivíduo e não à vacina, enfrenta barreiras por algumas indústrias (principalmente aquelas que comercializam carne fresca, portanto, não industrializada/processada), que têm a preocupação com os odores indesejáveis, como o odor de javali, também denominado sexual, um “defeito” sensorial associado a substâncias como androsterona e escatole que podem se manter altas nesta condição.

Nesse sentido, as pesquisas avançam no desenvolvimento de métodos para detectar rapidamente carcaças afetadas por esses odores, incluindo a espectrometria de massa e o nariz eletrônico. Estratégias de processamento que diluem ou mascaram

o odor desagradável são complexas, mas primordiais, especialmente em produtos de alto teor de gordura ou consumidos quentes. Os resultados indicam que os animais IC possuem características que se situam entre os dois grupos mencionados, muito embora seja uma ferramenta amplamente utilizada no Brasil (mais de 80% dos machos são imunocastrados) e que resulta em níveis de androsterona e escatole comumente insuficientes para serem percebidos pelos consumidores, ressaltando seu papel na suinocultura contemporânea. Esse panorama destaca a importância de inovações na gestão da qualidade da carne suína, visando à sustentabilidade e à aceitação do mercado, alinhadas aos avanços contínuos no setor.

2.3. Nutrição

A nutrição impacta tanto na qualidade quanto no valor nutricional da carne suína, afetando diretamente a composição corporal dos animais. Estratégias como restrição alimentar, uso de aditivos e ajustes na relação proteína/energia são ferramentas para otimizar a quantidade de carne magra na carcaça,

um fator-chave para a comercialização da carne. A composição da dieta não só influencia a eficiência alimentar e o crescimento dos suínos, mas também afeta características organolépticas importantes da carne, como maciez, sabor e aroma, por meio da transferência direta de compostos dietéticos para os tecidos musculares e gordurosos. Elementos nutricionais específicos, como ácidos graxos poli-insaturados, podem alterar a estabilidade oxidativa da carne, afetando a qualidade sensorial e a vida útil dos produtos. Além disso, a nutrição adequada, incluindo a suplementação de antioxidantes, como a vitamina E, pode mitigar a oxidação dos lipídios e proteínas, preservando a textura e o sabor da carne durante o armazenamento. Adicionalmente, nessa linha, alguns aditivos/alimentos são usados estrategicamente para melhorar a qualidade da carne suína, conforme mostrado na Tabela 1.

Com base nas considerações atuais sobre segurança alimentar e bem-estar animal, a comunidade científica envolvida com este segmento tem investigado alternativas à ractopamina. Esse aditivo é reconhecido por otimizar o

TABELA 1. PRINCIPAIS NUTRIENTES E ADITIVOS ALIMENTARES UTILIZADOS NA SUINOCULTURA PARA MELHORIAS NA QUALIDADE DE CARNE E CARÇAÇA

Aditivo	Dose	Efeito (+)	Efeito (-)
Ractopamina	10 – 20 ppm/kg	↑ CM; ↓ ET	↓ BEA; ↓ GIM
Cromo	0,1 – 0,9 mg/kg A depender da fonte	↑ CM; ↓ ET; ↑ GIM	Resultados Inconsistentes
Selênio	0,3 – 0,5 mg/kg A depender da fonte	↑ CM; ↑ CRA; ↓ PAPC	Resultados Inconsistentes
Magnésio	0,2 - 0,6%	↑ CM; ↓ ET; ↑ CRA;	Resultados Inconsistentes
Carnitina	50 – 1000 mg/kg	↑ CM; ↓ ET	Resultados Inconsistentes
Betaina	500 – 1200 mg/kg	↑ valor de b*; ↑ GIM; ↑ CRA;	Resultados Inconsistentes
CLA	1 – 10% Comum 1 a 2%	↓ ET; ↑ CRA; ↑ GIM;	Resultados Inconsistentes

ET: espessura de toucinho; CM: carne magra na carcaça; GIM: gordura intramuscular; CRA: capacidade de retenção de água; PAPC: perda de água por cozimento; CLA: ácido linoleico conjugado. Adaptado de Silva et al. (2022)

desempenho produtivo e a composição corporal dos suínos, promovendo uma diminuição na deposição de gordura e um aumento na proporção de carne magra na carcaça. No entanto, o uso da ractopamina enfrenta restrições regulatórias em diversos países, motivadas por preocupações relativas à segurança do alimento e ao bem-estar dos animais. Nesse contexto, os aditivos emergentes ainda demonstram uma variabilidade nos resultados, indicando a necessidade de pesquisas adicionais para encontrar soluções consistentes e aceitáveis globalmente (SILVA et al., 2022). Esse enfoque na nutrição sublinha a evolução contínua nas práticas de manejo alimentar na indústria suína, visando não apenas à eficiência produtiva, mas também à melhoria da qualidade da carne suína.

2.4. Atributos tecnológicos

As propriedades tecnológicas da carne suína, determinantes para seu processamento em produtos derivados, são influenciadas pela capacidade de retenção de água, a qual é estabele-

cida pelas mudanças *post-mortem* no pH da carne, afetando diretamente a produção e o rendimento dos produtos processados. O pH inicial (pHi) e o pH final (pHu) são preditores para defeitos de qualidade como carne pálida, mole e exsudativa (PSE), onde temos uma queda acentuada do pH na primeira hora pós-abate, ou carne escura, firme e seca (DFD), onde a redução do pH não é observada na sua totalidade. Em ambos os casos, as variações no processo de transformação do músculo em carne não são, em tese, normalmente cumpridas.

As condições estressantes do pré-abate respondem por alterações que levam a desvios no metabolismo muscular e na termorregulação dos suínos, afetando diretamente o pH e

a capacidade de retenção de água na carne. O estresse agudo em particular está principalmente associado à ocorrência de carnes PSE, contrário ao estresse crônico intenso/duradouro, que leva aos quadros de carne DFD. A adoção de práticas de manejo pré-abate que priorizem o bem-estar animal é instrumento para prevenir tais anomalias e assegurar a qualidade superior da carne.

CONCLUSÃO

A qualidade da carne suína é determinada por uma complexa rede de fatores, contemplando o genótipo dos suínos até as práticas de manejo e os programas nutricionais adotados. Há uma necessidade premente de se compreender mais os mecanismos biológicos que modulam os aspectos organolépticos, nutricionais e tecnológicos da carne.

Nesse contexto, estratégias como a imunocastração, a seleção de genótipos voltados para o aumento do marmoreio, exemplificados pela raça duroc, e a utilização de aditivos alimentares específicos, constituem algumas das ferramentas dirigidas para essa promoção da qualidade deste produto. Paralelamente, é determinante reconhecer a relação negativa que alguns fatores têm sobre a qualidade final da carne suína, o que implica no desenvolvimento de estratégias que, de modo ampliado, atendam às demandas dos produtores, da indústria e dos consumidores, com a minimização dos danos ambientais, sociais, éticos e de bem-estar animal.

REFERÊNCIAS

■ Confira as referências na versão on-line (e na íntegra) deste artigo em www.CarneTec.com.br, onde também estarão disponíveis todas as figuras fornecidas pelos autores.

RECURSOS ON-LINE

Para mais informações sobre este tema ou outros relacionados, digite os seguintes códigos na barra de busca de CarneTec.com.br: 17b113092, 17b111485, 17102226, 17b105388, 17b99564