

## **Adaptação de método de decomposição ácida assistida por radiação micro-ondas para determinação elementar em miúdos bovinos por MIP OES**

Cássio Henrique Henn<sup>1</sup>; Jéssica da Rosa Porto <sup>2</sup>; Adriane Medeiros Nunes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [kassiohenriquehenn@gmail.com](mailto:kassiohenriquehenn@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [jessica.porto2@hotmail.com](mailto:jessica.porto2@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – [adriane.mn@hotmail.com](mailto:adriane.mn@hotmail.com)

### **1. INTRODUÇÃO**

Carne é o nome generalista dado a todo tecido muscular animal utilizado para fins alimentares, os cortes são caracterizados pela espécie do animal, perfil de proteínas que o compõe, aminoácidos essenciais, teor de umidade, gordura, vitaminas glicídios e sais minerais. A composição química de diferentes cortes é variada, fato que se justifica devido a função do órgão no organismo, idade (animais jovens possuem menor teor de gordura), sexo e alimentação.

Os cortes bovinos são reconhecidos por serem alimentos nobres e com alta qualidade de suas proteínas, possuindo elevado valor biológico por conter todos os aminoácidos essenciais, grande concentração de ferro na forma heme (CARPENTER; MAHONEY, 1992), além de sua capacidade de ser digerida quase em sua totalidade (MOREIRA, 2017), contemplando as necessidades nutricionais humanas. Segundo a Tabela TACO (NEPA-UNICAMP, 2011) miúdos com fígado e rins são ricos em conteúdos minerais, fator relacionado a atividade biológica que o órgão desempenha no organismo.

As diferenças no consumo de carne bovina se relacionam diretamente com a renda média entre os consumidores e entre regiões do país, além do aumento dos preços dos cortes bovinos, o que vem influenciando também no poder de compra deste tipo de alimento (EMBRAPA, 2025). Fatores como inflação, clima, exportações e a queda da taxa de desemprego influenciaram um aumento de 20,8% no preço da carne no ano de 2024 (SALATI, 2025), o que aumentou o consumo de cortes com menor preço, como o fígado bovino e demais miúdos.

A quantificação da composição química de alimentos, como os miúdos bovinos, sustenta ações de projetos de segurança alimentar, fornecendo dados que orientem ações nutricionais, potencializem o controle de qualidade do alimento e auxiliando os consumidores na escolha de produtos a partir de suas informações nutricionais (NEPA-UNICAMP, 2011). Este tipo de alimento, muitas vezes não apreciado pelos consumidores, também ocupa outros espaços para além dos físicos impostos pela alimentação da população brasileira, sendo reconhecidos como alimentos da “xepa”, alimentos menos apreciados, nos programas entretenimento da televisão aberta.

### **2. METODOLOGIA**

#### **2.1 AMOSTRAS**

Para o estudo de adaptação do método proposto por LUKOW (2025) e posterior aplicação foram adquiridas amostras de miúdos em quatro açougues de bairros diferentes da cidade de Pelotas, além de quatro amostras doadas por um frigorífico do município de Capão do Leão. Todas foram identificadas com a letra inicial do nome do órgão seguido do número da amostra, sendo amostras de fígado, coração, língua e rins.

#### **2.2 PREPARO DA AMOSTRA**

Para a abertura da matriz da amostra foi utilizada uma potência do forno de micro-ondas doméstico no nível 7 (400 W), tempo de residência de 5 min, 500 µL de HNO<sub>3</sub> e 40 mg de massa da amostra. As soluções obtidas foram avolumadas a

10 mL com água deionizada, filtradas e armazenadas em um refrigerador a 5° C até o momento da análise no espectrômetro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 PARÂMETROS DE MÉRITO E EXATIDÃO

Os parâmetros de mérito para a determinação da concentração total de P, Zn, Fe, Ca, Mg, Mn e Na obtidos por MIP OES encontram-se esquematizados na Tabela 1. As curvas analíticas para calibração do equipamento foram preparadas a partir da solução padrão multielementar em solução com HNO<sub>3</sub> 2% (V/V), conforme indicado pelo fabricante do MIP OES. É possível observar bons coeficientes de correlação linear ao quadrado para todos os analitos investigados.

**Tabela 2:** Parâmetros de mérito para os analitos quantificados por MIP OES.

Analitos	a (Kg mg <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	LD <sub>(m)</sub> (mg Kg <sup>-1</sup> )	LQ <sub>(m)</sub> (mg Kg <sup>-1</sup> )
P	921,89	0,992	0,091	0,305
Zn	24721,06	0,998	0,103	0,344
Fe	16828,66	0,999	0,176	0,588
Ca	1120906,17	0,998	8,858 m	0,295 m
Mg	41342993	0,996	1,144 m	3,813 m
Mn	82758,33	0,999	0,477 m	0,159
Na	354108,65	0,997	0,465 m	0,155

a: coeficiente angular; R<sup>2</sup>: coeficiente de correlação linear ao quadrado; LD<sub>(m)</sub>: limite de detecção do método; LQ<sub>(m)</sub>: limite de quantificação do método; m = 10<sup>-3</sup>.

Para a avaliação da exatidão foram utilizados um material de referência certificada (CRM) para carnes além do método comparativo para carnes bovinas proposto por BONEMANN (2022). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2 e validados através do teste t de *Student* a 95% de confiança.

**Tabela 5:** Concentração dos analitos analisados para o CRM, método comparativo e micro-ondas.

Analito	CRM (mg Kg <sup>-1</sup> )		Bloco Digestor (mg Kg <sup>-1</sup> )	Micro-ondas (mg Kg <sup>-1</sup> )
	Valor certificado	Valor quantificado		
<b>P</b>	1530± 100	1572,81±164	-	-
<b>Zn</b>	-	-	42,97± 1	38,71 ± 7
<b>Ca</b>	323 ± 28	326,99 ± 12	-	-
<b>Fe</b>	-	-	52,45 ± 9,1	73,01± 4,9
<b>Mg</b>	-	-	182,5 ± 9,0	195,85 ± 8,3
<b>Mn</b>	-	-	3,33 ± 1,5	2,49 ± 0,04
<b>Na</b>	9990	9102,96 ± 84	-	-

#### 3.2 Avaliação da concentração total dos elementos nas amostras

Amostras como C1 e C3 apresentaram as maiores quantificações para analitos como P e Mg, enquanto amostras como F2 e F3 maiores concentrações de Zn, Fe, Mn e Na. Segundo a tabela TACO (UNICAMP; 2011) cortes como o de fígado apresentam quantidades de P em torno de 3340 mg kg<sup>-1</sup>, para a maioria dos cortes analisados as concentrações variam de 900 a 1100 mg kg<sup>-1</sup>, sendo concentrações mais próximas, por exemplo, das determinadas em cortes mais nobres como o de fraldinha, 1310 mg kg<sup>-1</sup> de P (NEPA-UNICAMP 2011).

Os valores encontrados para Zn nas amostras C1 e F3 encontram-se muito próximos dos referidos na literatura, que informa concentrações em torno 35 mg kg<sup>-1</sup> para cortes de fígado e de 17 mg kg<sup>-1</sup> para coração. Na maioria das amostras o

analito foi encontrado em concentrações superiores inclusive para cortes mais nobres.

As amostras de fígado apresentaram valores superiores de Fe quando comparados ao reportado pela tabela TACO ( $56 \text{ mg kg}^{-1}$ ), já os corações valores muito próximos ao de  $43,1 \text{ mg kg}^{-1}$  explicitado na TACO (NEPA-UNICAMP; 2011). As amostras de rins apresentaram as maiores concentrações para o analito, e acima dos valores reportados pela literatura, fator que pode ser relacionado a função filtrante do órgão.

Na maioria das amostras os valores de Fe, Mn e Na apresentam-se alinhados com os valores da tabela TACO, para Mg os dados apresentam certa inconsistência para rins e coração assim como valores altos para Ca nas amostras F1 e R2.

A composição mineral dos órgãos bovinos pode variar de acordo com diversos fatores, como idade, raça, alimentação e condições de manejo gado. Todas as concentrações quantificadas para as amostras de miúdos bovinos apresentam valores próximos ou superiores aos quantificados para cortes nobres, pode ser citado como as concentrações de Fe para as amostras de fígado analisadas que apresentaram concentrações superiores, por exemplo, quando comparadas com cortes como os de alcatra que apresentam valores para Fe em torno de  $34 \text{ mg Kg}^{-1}$ , ou outras proteínas como o peito de frango ( $10 \text{ g Kg}^{-1}$ ) e o lombo suíno ( $15 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) (VALLE, 2000), comprovando a qualidade nutricional deste tipo de alimento.

**Tabela 3:** Quantificações pelo método adaptado para os analitos investigados.

Amostras	Concentração, $X \pm \text{desvio padrão (mg Kg}^{-1}\text{)}$						
	P	Zn	Ca	Fe	Mg	Mn	Na
F1	$632,65 \pm 1,88$	$43,18 \pm 1,07$	$255,67 \pm 6,26$	$73,13 \pm 4,74$	$182,52 \pm 9,48$	0,75	$632,65 \pm 1,88$
F2	$1009,11 \pm 29,88$	$59,90 \pm 4,38$	$83,56 \pm 18,63$	$68,63 \pm 8,22$	$211,14 \pm 16,77$	$2,49 \pm 0,01$	$1009,11 \pm 29,98$
F3	$896,73 \pm 70,18$	$36,66 \pm 1,36$	$41,30 \pm 1,84$	$74,16 \pm 5,02$	$219,00 \pm 19,08$	$5,00 \pm 0,012$	$896,73 \pm 70,18$
F4	$882,78 \pm 15,18$	$41,10 \pm 2,12$	$29,89 \pm 0,26$	$47,56 \pm 3,62$	$246,93 \pm 20,72$	$4,99 \pm 0,03$	$882,78 \pm 15,18$
C1	$1126,57 \pm 68,40$	$18,74 \pm 1,63$	$3,83 \pm 0,18$	$42,44 \pm 3,31$	$256,02 \pm 2,50$	< LD	$1126,57 \pm 68,40$
C2	$908,06 \pm 55,96$	$28,60 \pm 1,66$	$3,83 \pm 0,18$	$47,32 \pm 0,08$	$249,12 \pm 67,36$	< LD	$908,06 \pm 55,96$
C3	$1003,36 \pm 26,30$	$23,77 \pm 5,26$	< LD	$40,10 \pm 3,54$	$261,57 \pm 8,39$	< LD	$1003,36 \pm 26,30$
C4	$997,64 \pm 55,56$	$15,78 \pm 1,49$	< LD	$66,07 \pm 5,05$	$233,18 \pm 9,64$	< LD	$967,64 \pm 55,56$
R1	$554,24 \pm 83,75$	$21,72 \pm 1,80$	$133,28 \pm 37,22$	$80,94 \pm 1,62$	$392,39 \pm 58,71$	< LD	$554,24 \pm 83,75$
R2	$441,44 \pm 26,24$	$26,19 \pm 5,38$	$302,97 \pm 11,27$	$106 \pm 9,19$	$188,31 \pm 20,06$	< LD	$441,44 \pm 26,24$

<b>R3</b>	674,63 ± 38,36	11,26 ± 1,79	551,07 ± 102,35	85,82 ± 6,07	220,98 ± 9,22	< LD	674,63 ± 38,36
<b>L1</b>	746,68 ± 6,25	18,50 ± 2,79	75,06 ± 13,70	20,04 ± 3,47	150,79 ± 9,38	< LD	746,69 ± 6,25
<b>L2</b>	868,78 ± 38,56	26,19 ± 1,95	106,96 ± 3,14	28,75 ± 1,87	154,66 ± 13,90	< LD	868,78 ± 38,58
<b>L3</b>	844,92 ± 62,19	844,92 ± 62,19	43,59 ± 8,88	38,89 ± 3,86	189,08 ± 17,87	< LD	844,92 ± 62,16

#### 4. CONCLUSÕES

É possível concluir que o método de preparo de amostra mostrou-se eficiente para as amostras analisadas neste estudo de adaptação, sendo uma alternativa de baixo custo tanto operacional quanto material, além de ser um método relativamente simples e respeitar os princípios da química verde. A exatidão do método foi comprovada através de método comparativo, bem como através do uso de material de referência certificada para carne. Pode ser concluído também que os miúdos bovinos apresentam potencial nutritivo desejável, não perdendo qualidade para outras proteínas de origem animal.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARPENTER, Charles E.; MAHONEY, Arthur W.. Contributions of heme and nonheme iron to human nutrition. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 333-367, jan. 1992. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408399209527576>
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Anuário CiCarne da cadeia produtiva da carne bovina: 2024-2025**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2025. 23 p. (Documentos, 322). ISSN 1983-974X. Disponível em: [\[Anuário Cicarne da cadeia produtiva da carne bovina: 2024 - 2025. - Portal Embrapa\]](#). Acesso em: 15 de jul. 2025.
- LUCKOW, Ana Claudia B.; BLOEDORN, Yasmin R.; BONEMANN, Daisa H.; SCHERDIEN, Sabrina H.; GOMES, Charlie G.; LOPES, Emmanoelli R.; RIBEIRO, Anderson S.; NUNES, Adriane M.. **Microwave-assisted microscale acid decomposition for determination of essential elements in processed meats by MIP OES**. Food Control, [S.L.], v. 169, p. 110977, mar. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110977>.
- MOREIRA, S. M.; MENDONÇA, F. S.; TAVARES, P. C.; DE CONTO, L.; FERREIRA, G. C.; BRUM, E. S.; SAMBARDA, R. V.; BARBOSA, I. D. S. **Carne bovina: Percepções do consumidor frente ao bem-estar animal – Revisão de literatura**. REDVET [online]. 2017; 18 [acesso 23 jun 2025]. Disponível em: [Redvet-Carne-bovina-percepções-do-consumidor.pdf](#)
- NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.
- SALATI, Paula. **Preço da carne sobe 20,8% em 2024 e tem maior alta em 5 anos; entenda o que aconteceu e se vai baixar**. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2025/01/10/preco-da-carne-sobe-em-2024.ghtml>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- VALLE, Ezequiel Rodrigues do. **CARNE BOVINA: ALIMENTO NOBRE INDISPENSÁVEL**. 2000. Disponível em: [https://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD41.html#:~:text=Al%C3%A9m%20de%20conter%20elevados%20teores,Zn\)%20e%20amino%C3%A1cidos%20essenciais..](https://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD41.html#:~:text=Al%C3%A9m%20de%20conter%20elevados%20teores,Zn)%20e%20amino%C3%A1cidos%20essenciais..) Acesso em: 06 ago. 2025.