Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP
Journal of Continuing Education in Veterinary Medicine and Animal Science of CRMV-SP
mv&z
ISSN 2596-1306 Versão on-line

A CAPNOGRAFIA NA MONITORIZAÇÃO E CONDUÇÃO DA PARADA CARDIORRESPIRATÓRIA EM ANESTESIA GERAL

Capnography in the monitoring and management of cardiopulmonary arrest during general anesthesia

Bianca de Alencar*[1], Maria Clara Fontoura Prates[1], Eduarda da Silva Diniz[1]
Naralice Mascarenhas dos Santos[1], Thamiris Maciel Soares Correia[1],
Paula Cristina Guimarães[2], Carolina Akel Ferruccio[3]

***Autora Correspondente:** Bianca de Alencar. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Avenida John Boyd Dunlop, Jardim Ipaussurama, s/n, Campinas, SP, Brasil. CEP: 13034-685.
E-mail: biancaalencar712@gmail.com

Como citar: ALENCAR, B. de. *et al*. A capnografia na monitorização e condução da parada cardiorrespiratória em anestesia geral. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, São Paulo, v. 24, e38932, 2026. DOI: https://doi.org/10.36440/recmvz.v24.38932.

Cite as: ALENCAR, B. de. *et al*. Capnography in the monitoring and management of cardiopulmonary arrest during general anesthesia. **Journal of Continuing Education in Veterinary Medicine and Animal Science of CRMV-SP**, São Paulo, v. 24, e38932, 2026. DOI: https://doi.org/10.36440/recmvz.v24.38932.

Artigo submetido ao sistema de similaridade
iThenticate

Resumo

A monitorização anestésica veterinária vem incorporando métodos contínuos capazes de ampliar a segurança do paciente. Nesse contexto, a capnografia destaca-se por fornecer, em tempo real, informações sobre ventilação, perfusão e funcionamento do circuito anestésico, por meio do traçado capnográfico e da mensuração do dióxido de carbono ao final da expiração ($ETCO_2$). Este artigo revisa as aplicações da capnografia na monitorização e no manejo da parada cardiorrespiratória durante a anestesia geral, com ênfase no $ETCO_2$ como indicador da qualidade da reanimação cardiopulmonar, da perfusão gerada pelas compressões torácicas e do retorno da circulação espontânea. A queda abrupta do $ETCO_2$ pode sinalizar colapso hemodinâmico, enquanto sua elevação sustentada sugere melhora da perfusão e possível retorno da circulação espontânea. Dessa forma, a interpretação contínua do $ETCO_2$ contribui para a tomada de decisão rápida, a padronização das manobras de reanimação e o aumento da segurança anestésica em Medicina Veterinária.

Palavras-chave: dióxido de carbono; $ETCO_2$; ventilação alveolar; perfusão; retorno da circulação espontânea.

1 Discente do curso de Medicina Veterinária, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Campinas, SP, Brasil.
2 Médica-veterinária, docente da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Departamento de Anestesiologia Veterinária, Campinas, SP, Brasil.
3 Médica-veterinária, pós-graduanda em Anestesiologia Veterinária, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Campinas, SP, Brasil.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Abstract

Veterinary anesthetic monitoring has increasingly incorporated continuous monitoring techniques that enhance patient safety. In this context, capnography stands out by providing real-time information on ventilation, perfusion, and anesthetic circuit function through analysis of the capnographic waveform and measurement of end-tidal carbon dioxide ($ETCO_2$). This article reviews the applications of capnography for anesthetic monitoring and the management of cardiopulmonary arrest during general anesthesia, with particular emphasis on $ETCO_2$ as an indicator of the quality of cardiopulmonary resuscitation, perfusion achieved through chest compressions, and return of spontaneous circulation. An abrupt decrease in $ETCO_2$ may indicate hemodynamic collapse, whereas a sustained increase suggests improved perfusion and a possible return of spontaneous circulation. Therefore, continuous interpretation of $ETCO_2$ supports rapid clinical decision-making, standardizes resuscitation procedures, and enhances anesthetic safety in veterinary medicine.

Keywords: carbon dioxide; $ETCO_2$; alveolar ventilation; perfusion; return of spontaneous circulation.

Introdução

A monitorização anestésica na Medicina Veterinária avançou significativamente nas últimas décadas, incorporando tecnologias que garantem maior segurança e melhor prognóstico aos pacientes. Nesse contexto, a utilização de métodos contínuos de monitorização, como a capnografia e a capnometria, permite o acompanhamento contínuo da ventilação e da perfusão de forma constante durante todo o procedimento anestésico. Enquanto a capnografia registra graficamente a variação do dióxido de carbono (CO_2) expirado ao longo do ciclo respiratório, a capnometria fornece a mensuração numérica, incluindo o valor de CO_2 ao final da expiração ($ETCO_2$) (Griffiths; Murison, 2016).

Durante a anestesia geral, essas ferramentas são fundamentais para confirmar o posicionamento correto do tubo endotraqueal, avaliar a eficácia da ventilação e detectar precocemente eventos adversos respiratórios ou circulatórios (Bailey *et al*., 2025; Grubb *et al*., 2020). Adicionalmente, durante uma parada cardiorrespiratória, a mensuração do $ETCO_2$ é recomendada para avaliar a qualidade das compressões torácicas e auxiliar na identificação do retorno da circulação espontânea (RCE), pois seus valores se relacionam com o fluxo sanguíneo pulmonar gerado pelas manobras de reanimação cardiopulmonar (Brainard *et al*., 2024; Hogen; Cole; Drobatz, 2018).

Embora os estudos clínicos veterinários ainda sejam limitados, diretrizes recentes reconhecem a capnografia como recurso para identificar deterioração hemodinâmica, avaliar a qualidade da reanimação cardiopulmonar (RCP) e detectar o RCE em cães e gatos. Sua incorporação à monitorização anestésica e às manobras de ressuscitação favorece intervenções mais precoces e padronizadas (Bailey *et al*., 2025; Brainard *et al*., 2024; Grubb *et al*., 2020).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo revisar criticamente as aplicações da capnografia na monitorização e na condução da parada cardiorrespiratória durante a anestesia geral em Medicina Veterinária, com ênfase na interpretação do $ETCO_2$ como indicador da qualidade da reanimação cardiopulmonar, da perfusão gerada pelas compressões torácicas e do retorno da circulação espontânea, além de discutir suas limitações e perspectivas de uso clínico.

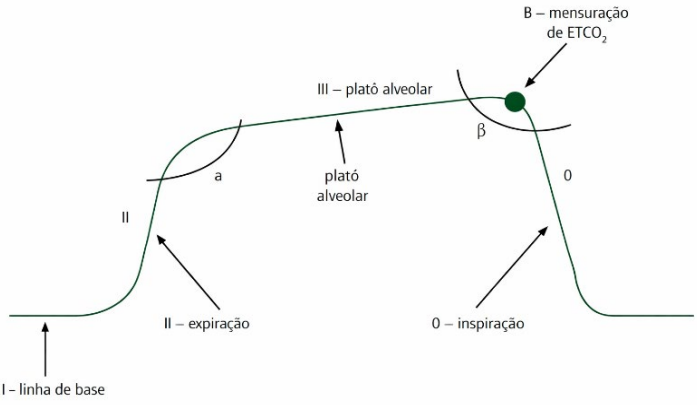
Aplicações na anestesia geral

A capnografia é uma ferramenta anestésica fundamental para a monitoração pulmonar, pois permite avaliar, de forma contínua, aspectos relacionados à ventilação e à perfusão por meio da análise do CO_2 expirado e da mensuração do $ETCO_2$. O CO_2 é produzido pelo metabolismo aeróbico nos tecidos perfundidos, difundindo-se das células para o sangue e sendo transportado para os pulmões pelo retorno venoso, onde é removido pela ventilação. Portanto, os principais determinantes do $ETCO_2$ são a produção de CO_2, o débito cardíaco, a perfusão pulmonar e a ventilação alveolar (Sandroni; De Santis; D'Arrigo, 2018).

Os valores de $ETCO_2$ considerados dentro da normalidade, sob ventilação e perfusão adequadas, variam entre 35 e 45 mmHg. Esses valores podem ser correlacionados com a pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial ($PaCO_2$), sendo cerca de 5 mmHg menores que a $PaCO_2$ em animais de pequeno porte e, em grandes animais, essa diferença pode variar de 15 a 30 mmHg.

Além do valor numérico do $ETCO_2$, a curva capnográfica obtida pelo capnógrafo permite avaliar a variação gráfica do CO_2 ao longo do ciclo ventilatório, possibilitando a avaliação contínua das trocas gasosas do paciente. Essa curva segue o padrão respiratório, podendo ser dividida em fases, conforme ilustrado na Figura 1 (Deighton, 2018). Antes do ciclo expiratório, o ar proveniente das vias aéreas contém concentrações insignificantes de CO_2, mantendo o traçado próximo de zero. No momento inicial da expiração, há um aumento abrupto da concentração de CO_2 à medida que o ar alveolar começa a ser eliminado. Nesse momento, é possível observar um platô expiratório, sendo que o ponto mais alto do gráfico, ao final desse platô, corresponde ao valor do $ETCO_2$. Em seguida, com o início da inspiração, o traçado retorna rapidamente à linha de base (Nunes, 2009).

Figura 1 – Curva capnográfica normal, demonstrando as fases do ciclo respiratório: linha de base inspiratória, ascensão expiratória, platô alveolar e ponto final da expiração correspondente ao valor de $ETCO_2$

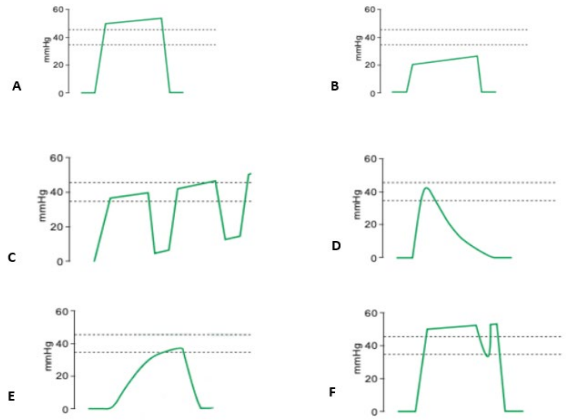


Fonte: Deighton (2018, adaptado).

Na anestesia, imediatamente após a intubação, a capnografia é considerada o método mais confiável para confirmar o posicionamento traqueal do tubo, uma vez que a presença de uma curva sustentada de CO_2 durante a expiração confirma o posicionamento correto. Além disso, durante o procedimento, esse monitoramento permite a detecção precoce de alterações na curva padrão que indicam alterações na dinâmica respiratória, como hipercapnia, hipocapnia, reinalação de CO_2, contaminação da amostra por ar ambiente, broncoespasmo e respiração forçada contra o ventilador, representadas na Figura 2.

 DOI: 10.36440/recmvz.v24.38932

Figura 2 – Alterações do traçado capnográfico observadas durante a monitorização anestésica: (A) hipercapnia; (B) hipocapnia; (C) reinalação de CO_2; (D) contaminação da amostra por ar ambiente; (E) broncoespasmo; e (F) respiração forçada contra o ventilador



Fonte: Luna e Carregaro (2019, adaptado).

Ainda durante a monitoração transanestésica, em situações de parada cardiorrespiratória sob anestesia, a queda abrupta do $ETCO_2$ é um dos primeiros sinais evidentes de colapso hemodinâmico. Já no período pós-operatório, alterações no $ETCO_2$ podem indicar depressão respiratória de forma antecipada, antes mesmo da queda da saturação periférica de oxigênio (SpO_2) (Shippy, 2024). Dessa forma, a capnografia atua não apenas como método de monitoração ventilatória, mas também como ferramenta de segurança, diagnóstico precoce e apoio à avaliação prognóstica.

Capnografia e capnometria na parada cardiorrespiratória

Diagnóstico precoce: queda do $ETCO_2$ como sinal inicial

A queda aguda e sustentada do $ETCO_2$ na capnometria em cães e gatos, uma vez descartadas interferências mecânicas (como desconexão do circuito) ou respiratórias (como hiperventilação iatrogênica), deve ser interpretada como marcador precoce de instabilidade hemodinâmica. Nesse cenário, devido à relação direta entre o fluxo sanguíneo pulmonar e o CO_2 exalado, o $ETCO_2$ atua como um indicador não invasivo do débito cardíaco, demonstrando capacidade de sinalizar o colapso cardiovascular iminente antes mesmo da alteração da pressão arterial sistêmica (Haskins, 2015; Nunes, 2009).

Desse modo, uma redução abrupta do débito cardíaco, como ocorre na parada cardiorrespiratória, resulta em uma queda acentuada do $ETCO_2$, pois a diminuição da perfusão pulmonar compromete o transporte do CO_2 até os alvéolos para eliminação pela expiração. De forma análoga, o retorno da circulação espontânea favorece o aumento súbito da concentração de $ETCO_2$ (Brainard *et al*., 2024; Grubb *et al*., 2020; Shippy, 2024).

Portanto, a capnografia e a capnometria tornam-se ferramentas relevantes em situações emergenciais, considerando que auxiliam a equipe médico-veterinária no reconhecimento de distúrbios hemodinâmicos que devem ser identificados e corrigidos rapidamente (Bailey *et al*., 2025).

 DOI: 10.36440/recmvz.v24.38932

Monitoramento da RCP: relação entre $ETCO_2$ e qualidade das compressões

Durante a reanimação cardiopulmonar, recomenda-se a mensuração contínua do $ETCO_2$ para avaliar a eficiência das compressões torácicas e o fluxo sanguíneo gerado por elas, pois, quanto maior o $ETCO_2$, maior o débito circulatório efetivo produzido pela RCP (Brainard *et al*., 2024). Em concordância, as diretrizes mais atuais do *Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation* (RECOVER) conferem à capnografia, no período transoperatório, papel de destaque no monitoramento da qualidade das compressões e na detecção do RCE (Brainard *et al*., 2024). Na atualização de 2024, a meta mínima de $ETCO_2$ foi elevada para 18 mmHg durante a RCP, visando orientar a necessidade de ajustes imediatos da técnica, como profundidade, recuo, ritmo das compressões, posicionamento das mãos e trocas frequentes do compressor (Burkitt-Creedon *et al*., 2024; Hopper *et al*., 2024).

Assim, para que o $ETCO_2$ atue de forma eficaz como parâmetro de *feedback* hemodinâmico, a ventilação deve ser padronizada, seguindo as recomendações atuais, que indicam 10 incursões respiratórias por minuto, com tempo inspiratório de aproximadamente um segundo, minimizando as chances de hiperventilação e de interrupções nas compressões torácicas (Hopper *et al*., 2024).

Nesse contexto, é preciso atentar para as interferências e os artefatos das compressões torácicas que podem prejudicar a detecção da ventilação durante a RCP. De acordo com Sandroni, De Santis e D'Arrigo (2018), a interpretação dos valores de $ETCO_2$ deve considerar fatores que alteram a leitura independentemente da qualidade das compressões. A hipercapnia pré-parada pode superestimar o sucesso da RCP, uma vez que os valores elevados de $ETCO_2$, nos momentos iniciais, não decorrem da qualidade das compressões, mas da eliminação súbita do CO_2 acumulado durante o período de baixo fluxo ou de parada. Inversamente, a hiperventilação iatrogênica reduz os níveis de $ETCO_2$ por excesso de remoção alveolar. Além disso, o uso de adrenalina pode causar queda transitória desse parâmetro devido à vasoconstrição pulmonar, o que não deve ser confundido com falha na técnica de ressuscitação.

Prognóstico: $ETCO_2$ como preditor de RCE

Além de orientar na avaliação da qualidade das compressões, o $ETCO_2$ durante a RCP também pode fornecer informações sobre a probabilidade de retorno da circulação espontânea (RCE). Em cães e gatos, valores iniciais, médios, e de pico mais elevados foram significativamente associados à ocorrência de RCE (Hogen; Cole; Drobatz, 2018). Em estudos com seres humanos, valores persistentemente baixos de $ETCO_2$(geralmente < 10 a 15 mmHg) por mais de 20 minutos de RCP, estão associados a menor probabilidade de sucesso na ressuscitação cardiopulmonar, embora o valor prognóstico deva ser interpretado em conjunto com o contexto clínico e os demais parâmetros de monitorização(Sandroni; De Santis; D'Arrigo, 2018).

No âmbito prático, o sinal mais precoce de RCE é a elevação abrupta e sustentada dos valores de $ETCO_2$, na ausência de alterações na ventilação. Esse fenômeno reflete a súbita melhora no retorno venoso e na perfusão tecidual, devendo alertar a equipe para a verificação imediata do pulso e do ritmo (Sandroni; De Santis; D'Arrigo, 2018). De forma análoga, em pacientes anestesiados, a queda súbita do $ETCO_2$ pode sinalizar colapso circulatório iminente ou parada cardiorrespiratória (PCR), exigindo intervenção imediata (Brainard *et al*., 2024).

Estudos em humanos mostram que, de forma geral, os valores de $ETCO_2$ tendem a diminuir durante a RCP em pacientes nos quais a ressuscitação não tem sucesso, enquanto tendem a aumentar naqueles que alcançam o retorno da RCE, o que provavelmente reflete a melhora progressiva no retorno venoso e na perfusão tecidual. Com isso, as tendências do $ETCO_2$ podem contribuir para prever o RCE durante a RCP, embora mais evidências sejam necessárias (Sandroni; De Santis; D'Arrigo, 2018).

 DOI: 10.36440/recmvz.v24.38932

Visto que a mensuração direta do fluxo sanguíneo nos órgãos durante a RCP não é clinicamente viável, o $ETCO_2$ destaca-se como indicador da qualidade da RCP, por refletir o fluxo sanguíneo pulmonar gerado durante as compressões. Portanto, a capnografia atua não apenas como monitoração ventilatória, mas também como ferramenta de segurança, diagnóstico e prognóstico (Brainard *et al*., 2024; Hogen; Cole; Drobatz, 2018).

Considerações finais

A capnografia deve ser compreendida como recurso central da monitorização anestésica veterinária, pois permite acompanhar, em tempo real, a ventilação, reconhecer alterações no circuito anestésico e identificar sinais precoces de instabilidade. Em situações de parada cardiorrespiratória, a avaliação contínua do $ETCO_2$ contribui para estimar a eficácia das compressões torácicas, orientar ajustes durante a reanimação cardiopulmonar e auxiliar na identificação do retorno da circulação espontânea. Assim, seu uso sistemático em cães e gatos favorece condutas mais rápidas, padronizadas e seguras, contribuindo para a qualidade da assistência em contextos anestésicos e emergenciais. &

Referências

BAILEY, K. *et al*. The American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia small animal anesthesia and sedation monitoring guidelines 2025. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, [*S. l.*], v. 52, n. 4, p. 377–385, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.vaa.2025.03.015.

BRAINARD, B. M. *et al*. 2024 RECOVER guidelines: monitoring. Evidence and knowledge gap analysis with treatment recommendations for small animal CPR. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, San Antonio, v. 34, supl. 1, p. 76–103, 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/vec.13390.

BURKITT-CREEDON, J. M. *et al*. 2024 RECOVER guidelines: updated treatment recommendations for CPR in dogs and cats. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, San Antonio, v. 34, supl. 1, p. 104–123, 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/vec.13391.

DEIGHTON, R. Capnography: monitoring CO_2. **Journal of Paramedic Practice**, [*S. l.*], v. 10, n. 4, p. 154–156, 2018. DOI: https://doi.org/10.12968/jpar.2018.10.4.154.

GRIFFITHS, R.; MURISON, P. Monitoring ventilation and gas exchange. *In*: DUKE-NOVAKOVSKI, T.; DE VRIES, M.; SEYMOUR, C. (ed.). **BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia**. 3. ed. Gloucester: BSAVA, 2016. p. 136–149.

GRUBB, T. *et al*. 2020 AAHA anesthesia and monitoring guidelines for dogs and cats. **Journal of the American Animal Hospital Association**, [*S. l.*], v. 56, n. 2, p. 59–82, 2020. DOI: https://doi.org/10.5326/jaaha-ms-7055.

HASKINS, S. C. Monitoring anesthetized patients. *In*: GRIMM, K. A. *et al*. (ed.). **Veterinary anesthesia and analgesia**: the fifth edition of Lumb and Jones. 5. ed. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2015. p. 86–113. DOI: https://doi.org/10.1002/9781119421375.ch4.

HOGEN, T.; COLE, S. G.; DROBATZ, K. J. Evaluation of end-tidal carbon dioxide as a predictor of return of spontaneous circulation in dogs and cats undergoing cardiopulmonary resuscitation. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, San Antonio, v. 28, n. 5, p. 398–407, 2018. DOI: https://doi.org/10.1111/vec.12755.

HOPPER, K. *et al*. 2024 RECOVER guidelines: basic life support. Evidence and knowledge gap analysis with treatment recommendations for small animal CPR. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, San Antonio, v. 34, supl. 1, p. 16–43, 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/vec.13387.

LUNA, S. P. L.; CARREGARO, A. B. **Anestesia e analgesia em equídeos, ruminantes e suínos**. São Paulo: MedVet, 2019.

NUNES, N. Monitoração da anestesia. *In*: FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G. (org.). **Anestesia em cães e gatos**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2009. p. 83–101.

SANDRONI, C.; DE SANTIS, P.; D'ARRIGO, S. Capnography during cardiac arrest. **Resuscitation**, [*S. l.*], v. 132, p. 73–77, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.08.018.

SHIPPY, S. Capnography: assessing ventilation during anesthesia. **Today's Veterinary Practice**, [*S. l.*], 14 Jun. 2024. Disponível em: https://todaysveterinarypractice.com/anesthesiology/capnography-assessing-ventilation-during-anesthesia/. Acesso em: 6 set. 2025.

Recebido: 1 de abril de 2026. Aprovado: 1 de julho de 2026.

Declaração de Contribuição dos Autores

- **Agradecimentos:** Agradecemos ao Grupo de Anestesia e Emergência Veterinária da PUC-Campinas (ASAVET) e a todos os seus membros, cuja dedicação e colaboração contribuíram para tornar esta publicação possível. Agradecemos, especialmente, às nossas orientadoras, pelo comprometimento, incentivo e dedicação ao desenvolvimento deste trabalho e à construção contínua do grupo de estudos, que segue fortalecendo sua trajetória acadêmica e científica.
- **Financiamento:** As autoras declaram que o trabalho não recebeu financiamento.
- **Conflitos de interesse:** As autoras declaram não haver conflitos de interesse.
- **Aprovação ética:** Não se aplica, por se tratar de uma revisão de literatura, sem utilização direta de animais, seres humanos ou dados individuais de pacientes.
- **Disponibilidade de dados e material:** Não se aplica, pois não foram produzidos nem analisados conjuntos de dados originais neste estudo.
- **Contribuições dos autores:** ALENCAR, B. de. participou da concepção do trabalho, do levantamento bibliográfico, da redação da versão inicial e da revisão do manuscrito. PRATES, M. C. F.; DINIZ, E. D.; SANTOS, N. M. dos; CORREIA, T. M. S. participaram do levantamento bibliográfico, da análise da literatura e da redação do manuscrito. GUIMARÃES, P. C.; FERRUCCIO, C. A. participaram da supervisão, da revisão crítica do conteúdo e da aprovação da versão final. Todas as autoras leram e aprovaram a versão final do artigo.

Uma publicação do

CRMV SP
Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de São Paulo