

Eficiência em C: O Motor da Autonomia Veterinária no Brasil

Guilherme Rocha Ribeiro, Caio (segundo autor)

Dr. Aldo Henrique Mendes (Orientador)

Centro Universitário Euro-Americano (Unieuro), Brasília, DF, Brasil

Resumo—Este artigo apresenta o desenvolvimento e a implementação do VetCore, sistema de gerenciamento clínico para unidades veterinárias de pequenos animais escrito integralmente em linguagem C. O software adota arquitetura modular com quatro subsistemas integrados: cadastro de pacientes, prontuário eletrônico, controle de estoque de medicamentos e apoio à prescrição racional de antimicrobianos. Em estudo piloto de 90 dias em hospital veterinário no Distrito Federal observou-se redução de 38,1% no tempo médio de recuperação de registros, redução de 27,4% nos erros de dosagem antimicrobiana e aumento de 40,9% na capacidade efetiva de atendimento. O sistema consome menos de 12 MB de memória em execução plena. Os resultados indicam que soluções em C oferecem desempenho superior e baixo consumo de recursos, sendo adequadas a contextos com infraestrutura tecnológica limitada. O trabalho contribui também para o debate sobre uso racional de antimicrobianos em medicina veterinária [1].

Palavras-chave—*Linguagem C; Sistemas de Informação em Saúde Animal; Antimicrobianos; Resistência Bacteriana; Software clínico.*

I. INTRODUÇÃO

A medicina veterinária brasileira atravessa transformação digital acelerada, impulsionada pelo crescimento da demanda por serviços de saúde animal e pela necessidade de racionalização do uso de antimicrobianos, fenômeno relevante para a saúde pública [1]. Apesar do crescimento expressivo do número de estabelecimentos veterinários nas últimas décadas, parcela significativa dessas unidades opera com registros manuais ou sistemas de baixa integração, comprometendo a rastreabilidade dos tratamentos.

A resistência bacteriana é um dos maiores desafios sanitários contemporâneos. Santos et al. [1] demonstraram que a ausência de ferramentas informatizadas de apoio à prescrição associa-se a maior frequência de subdosagem, superdosagem e escolha inadequada de classe antimicrobiana. Nesse cenário, a adoção de tecnologias da informação em gestão clínica veterinária emerge como estratégia prioritária.

A linguagem C destaca-se como opção técnica privilegiada para o domínio de software clínico embarcado. Padronizada pela norma ISO/IEC 9899:2018, oferece acesso direto à memória, controle fino de desempenho e ampla portabilidade [2].

O presente trabalho descreve o desenvolvimento do VetCore, arquitetura modular implementada integralmente em C. Os objetivos específicos são: (i) apresentar a arquitetura e as decisões de projeto; (ii) quantificar o impacto da solução sobre indicadores operacionais; e (iii) discutir as implicações para o uso racional de antimicrobianos.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Sistemas de Informação em Saúde Animal

Sistemas de Informação em Saúde são conjuntos integrados de hardware, software, dados e procedimentos voltados à coleta, processamento, armazenamento e comunicação de informações clínicas e administrativas [3]. Na medicina animal, sua adoção é incipiente quando comparada à medicina humana, embora estudos recentes apontem ganhos de produtividade e redução de erros com a adoção de prontuários eletrônicos [4].

B. Uso Racional de Antimicrobianos

O uso racional de antimicrobianos pressupõe seleção do agente adequado ao patógeno identificado, na dose correta e pelo menor tempo necessário [1]. Em pequenos animais, as principais barreiras incluem ausência de antibiograma de rotina, pressão dos tutores e falta de ferramentas de apoio à decisão. Santos et al. [1] reportaram que 62% das prescrições antimicrobianas em clínicas brasileiras carecem de fundamentação microbiológica adequada.

C. Linguagem C em Sistemas Críticos

A linguagem C ocupa posição de destaque em aplicações críticas e embarcadas em razão de três atributos: (i) desempenho próximo ao código de máquina; (ii) controle explícito de memória; e (iii) portabilidade [2].

III. METODOLOGIA

A. Desenho do Estudo

O VetCore foi desenvolvido segundo metodologia de prototipação evolutiva em quatro fases iterativas: (1) levantamento de requisitos com profissionais veterinários; (2) modelagem de estruturas de dados e definição de interfaces entre módulos; (3) implementação e testes unitários; e (4) integração e validação com usuários reais.

O ambiente de desenvolvimento utilizou workstations com processador Intel Core i5-11400, 8 GB de RAM e Ubuntu 22.04 LTS. O compilador foi GCC 11.4 com flags de otimização -O2. A verificação de uso de memória foi realizada com Valgrind 3.19.

B. Arquitetura Modular

O software foi estruturado em quatro módulos independentes (Tabela I). A comunicação entre módulos ocorre exclusivamente por interfaces definidas em arquivos de cabeçalho, garantindo encapsulamento e baixo acoplamento. As estruturas de dados centrais foram declaradas como tipos abstratos por meio de typedef.

TABELA I
ARQUITETURA MODULAR DO VETCORE

Módulo	Responsabilidade	Estrutura de Dados
Cadastro	Registro de pacientes/tutores	struct Paciente; Lista encadeada
Prontuário	Histórico clínico e consultas	struct Consulta; Pilha dinâmica
Estoque	Controle de medicamentos	struct Medicamento; Árvore AVL
Prescrição	Apoio ao uso racional	struct Prescricao; Tabela hash

IV. RESULTADOS

A. Desempenho Computacional

Os testes unitários automatizados atingiram aprovação de 98,6% (140/142 casos), com os dois casos reprovados referentes a condições de contorno na alocação dinâmica, posteriormente corrigidos. O Valgrind não identificou vazamentos após as correções. O tempo médio das operações críticas foi de 1,2 ms para busca de paciente por CPF do tutor e 0,8 ms para consulta ao banco de antimicrobianos, em hardware dual-core de 1,6 GHz.

B. Estudo Piloto

A Tabela II apresenta os indicadores operacionais antes e após a implantação do VetCore.

TABELA II
INDICADORES OPERACIONAIS PRÉ E PÓS-IMPLANTAÇÃO (N = 90 DIAS)

Indicador	Pré	Pós	Var. (%)
Tempo recup. registros	4 min 20 s	2 min 41 s	-38,1
Erros de dosagem	11,3%	8,2%	-27,4
Atendimentos/dia	22	31	+40,9
Tempo de prescrição	6 min 15 s	3 min 48 s	-39,2
Satisfação (Likert)	2,8	4,3	+53,6

V. DISCUSSÃO

A. Pertinência da Arquitetura Modular

A arquitetura modular reduziu a complexidade ciclomática média por função para 4,2, valor inferior ao limiar de 10 recomendado por McCabe [5]. Esse resultado refletiu na facilidade de manutenção e na baixa taxa de defeitos durante os testes de integração.

B. Comparação com Soluções Correlatas

Sistemas comerciais como VetSoft e VetManager oferecem funcionalidades similares, porém são desenvolvidos em linguagens de alto nível e dependem de infraestrutura de servidor. O VetCore opera sem dependências externas e consome menos de 12 MB de memória, viabilizando sua implantação em microcomputadores legados [4].

C. Limitações

O estudo apresenta limitações: (i) o piloto foi conduzido em uma única unidade, restringindo a generalização dos achados; (ii) o período de 90 dias pode não capturar efeitos de longo prazo; e (iii) os dados de satisfação foram coletados por autoavaliação, suscetível a viés de resposta.

D. Trabalhos Futuros

Três direções são identificadas: (i) implementação de interface gráfica baseada em ncurses ou GTK+; (ii) adição de persistência baseada em SQLite; e (iii) integração com plataformas de inteligência artificial para diagnóstico assistido [6].

VI. CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou que C constitui escolha técnica sólida para sistemas de gerenciamento clínico veterinário, especialmente quando desempenho, baixo consumo de recursos e independência de infraestrutura são requisitos. O VetCore produziu melhorias mensuráveis em três indicadores operacionais centrais e demonstrou eficácia na orientação de prescrições antimicrobianas mais racionais, alinhando-se às recomendações nacionais e internacionais de controle da resistência bacteriana.

Recomenda-se a condução de estudos multicêntricos com maior tempo de acompanhamento para consolidar a evidência gerada e subsidiar políticas de adoção tecnológica no setor veterinário.

REFERÊNCIAS

[1] N. M. S. Santos, G. M. Viana, A. S. S. Farias et al., "Uso racional de antimicrobianos em medicina veterinária: desafios na clínica de pequenos e grandes animais," *Asclepius Int. J. Sci. Health Sci.*, vol. 4, n. 12, 2025. DOI: 10.70779/aijshs.v4i12.431.

[2] B. W. Kernighan e D. M. Ritchie, *The C Programming Language*, 2ª ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.

[3] W. J. Hansen e S. Haahr, *Computer Systems: Design and Implementation*, 5ª ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 2019.

[4] A. M. Oliveira, R. F. Costa e M. T. Souza, "Impacto da adoção de prontuários eletrônicos em clínicas veterinárias brasileiras: revisão sistemática," *Rev. Bras. Ciênc. Vet.*, vol. 29, n. 3, pp. 112–121, 2022.

[5] T. J. McCabe, "A Complexity Measure," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. SE-2, n. 4, pp. 308–320, 1976.

[6] A. C. De Castro Silva e P. A. Maduro, "Uso do ChatGPT/GPT-4o no diagnóstico da leishmaniose visceral no HUU-UNIVASF," *Rev. Ensino Ciênc. Inov. Saúde*, vol. 1, n. 1, 2025. DOI: 10.51909/recis.v1i01.385.

[7] J. Ruiz, M. Salavert, P. Ramírez et al., "Implantación de un programa de optimización y uso racional de antimicrobianos," *Enferm. Infecc. Microbiol. Clín.*, vol. 36, n. 8, pp. 487–492, 2018.