J. Health Inform. 2025 Janeiro-Dezembro; 17

Artigo Original

DOI: https://doi.org/10.59681/2175-4411.v17.2025.1350

JHI JOURNAL OF HEALTH INFORMATICS

Ferramenta digital para avaliar o risco epidemiológico em propriedades rurais

Digital tool for assessing epidemiological risk on farms

Herramienta digital para evaluar el riesgo epidemiológico en las explotaciones agrarias

Rosiane de Jesus Barros [1], Jucielly Campos de Oliveira[2], Antônio Thadeu Teixeira Coelho Silva[3], Renan Trinta Layme[4], Nancyleni Pinto Chaves Bezerra[5], Danilo Cutrim Bezerra[6], Carla Janaina Rebouças Marques do Rosário[7], Viviane Correa Silva Coimbra[8]

RESUMO

O objetivo deste estudo foi desenvolver e descrever o aplicativo móvel CREPER (Calculadora de Risco Epidemiológico de Propriedades e Estabelecimentos Rurais), destinado a apoiar o Serviço de Defesa Sanitária Animal do Maranhão na coleta e análise de dados de vigilância epidemiológica. O desenvolvimento do sistema ocorreu em cinco etapas: revisão de normativas, elaboração e automação de formulários de risco, programação do protótipo, testes de usabilidade em campo e entrega da versão final. O aplicativo permite coleta digital padronizada, georreferenciamento, cálculo automático do Índice de Risco (IR) e geração de relatórios em diferentes formatos, mesmo sem acesso à internet. Os testes demonstraram boa usabilidade e eficiência na consolidação de informações, reduzindo falhas e tempo de processamento. Conclui-se que o CREPER constitui uma ferramenta inovadora e funcional, capaz de otimizar a vigilância epidemiológica e fortalecer as ações de defesa sanitária animal no estado do Maranhão.

Descritores: Gerenciamento de dados, indicador de risco, coleta de dados.

ABSTRACT

The objective of this study was to develop and describe the mobile application CREPER (Epidemiological Risk Calculator for Rural Properties and Establishments), designed to support the Animal Health Defense Service of Maranhão in the collection and analysis of epidemiological surveillance data. The system was developed in five stages: review of sanitary regulations, creation and automation of risk assessment forms, prototype programming, field usability testing, and final version release. The application enables standardized digital data collection, georeferencing, automatic calculation of the Risk Index (RI), and generation of reports in different formats, even without internet access. Field tests demonstrated good usability and efficiency in data consolidation, reducing errors and processing time. It is concluded that CREPER represents an innovative and functional tool capable of optimizing epidemiological surveillance and strengthening animal health defense actions in the state of Maranhão.

Keywords: Data management, risk indicator, data collection.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue desarrollar y describir la aplicación móvil CREPER (Calculadora de Riesgo Epidemiológico de Propiedades y Establecimientos Rurales), diseñada para apoyar al Servicio de Defensa Sanitaria Animal de Maranhão en la recolección y análisis de datos de vigilancia epidemiológica. El sistema fue desarrollado en cinco etapas: revisión de normativas sanitarias, creación y automatización de formularios de evaluación de riesgo, programación del prototipo, prueba de usabilidad en campo y lanzamiento de la versión final. La aplicación permite la recolección digital estandarizada de datos, georreferenciación, cálculo automático del Índice de Riesgo (IR) y generación de informes en diferentes formatos, incluso sin conexión a internet. Las pruebas de campo demostraron buena usabilidad y eficiencia en la consolidación de datos, reduciendo errores y tiempo de procesamiento. Se concluye que CREPER representa una herramienta innovadora y funcional capaz de optimizar la vigilancia epidemiológica y fortalecer las acciones de defensa sanitaria animal en el estado de Maranhão.

Descriptores: Gestión de datos, indicador de riesgo, recogida de datos.

[1] Programa de Pós-Graduação Profissional em Defesa Sanitária Animal, UEMA, AGED/MA.
[2] Mestre em Defesa Sanitária Animal, AGED/MA.
[3] Graduado em Ciência da Computação, Agência Creators - Marketing & Tecnologia.
[4] Graduado em Sistemas de Informação, Auston Tecnologia.
[5] Doutora em Biotecnologia pela Rede Nordeste de Biotecnologia, PPGPDSA/UEMA.
[6] Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia, PPGPDSA/UEMA.
[7] Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia, PPGPDSA/UEMA.
[8] Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia, PPGPDSA/UEMA.

Autor Correspondente: **Viviane Correa Silva Coimbra**
e-mail: **vivianecorre@yahoo.com**

Artigo recebido: 15/10/2024
Aprovado: 07/11/2025

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde Animal (WOAH) define vigilância como o processo sistemático de coleta, análise e disseminação de dados sobre a saúde das populações animais, com o objetivo de subsidiar o planejamento e a implementação de políticas sanitárias eficazes[1]. No contexto da Defesa Sanitária Animal, um dos principais desafios dos Órgãos Executores de Sanidade Agropecuária (OESA) é a alocação racional de recursos limitados para ações de vigilância, o que requer o uso de metodologias baseadas em análise de risco para direcionar esforços de forma estratégica e eficiente[2].

A análise de risco envolve a avaliação da probabilidade de ocorrência e do impacto de eventos adversos à saúde animal e humana, permitindo identificar áreas e unidades produtivas com maior vulnerabilidade e receptividade a doenças. O reconhecimento de pontos críticos de introdução e disseminação de patógenos — os chamados "pontos de risco" — é fundamental para o planejamento da vigilância ativa e para o estabelecimento de medidas preventivas direcionadas[3].

A incorporação de tecnologias digitais tem transformado o setor agropecuário, favorecendo a coleta e gestão de dados em tempo real. O uso de dispositivos móveis, como smartphones e tablets, permite a obtenção de coordenadas geográficas via GPS, a comunicação remota e a integração de informações, mesmo em áreas com conectividade limitada[4]. Esses recursos ampliam a capacidade operacional dos serviços veterinários oficiais, promovendo padronização de dados, rastreabilidade e maior agilidade na tomada de decisão[5].

Apesar desses avanços, ainda é limitada a disponibilidade de ferramentas digitais integradas para padronizar a coleta, o processamento e a análise de dados epidemiológicos no campo. Em diversas Unidades Veterinárias Locais, os registros continuam sendo realizados manualmente, processo que demanda tempo, aumenta o risco de inconsistências e eleva os custos operacionais. Nesse cenário, torna-se necessária a proposição de soluções tecnológicas que aprimorem as ações de vigilância epidemiológica, otimizando tempo, recursos e acurácia na avaliação de risco.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo descrever o desenvolvimento do aplicativo denominado Calculadora de Risco Epidemiológico de Propriedades e Estabelecimentos Rurais (CREPER), concebido para dispositivos móveis e destinado à coleta de dados em campo e à classificação automática do risco epidemiológico de propriedades e estabelecimentos rurais. A principal inovação da ferramenta consiste na integração de critérios sanitários provenientes de diferentes programas oficiais em uma única plataforma digital, possibilitando a georreferenciação das informações e a geração imediata de indicadores de risco — recurso ainda inexistente no contexto da defesa sanitária brasileira.

MÉTODOS

Tipologia do estudo

O Estado do Maranhão é composto por 217 municípios, administrativamente organizados pela Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED/MA) em 75 Unidades Veterinárias Locais (UVL), subordinadas a 18 Unidades Regionais (UR). Cada UVL é responsável pela execução e gestão das ações de defesa sanitária animal em um ou mais municípios. A AGED/MA dispõe ainda de uma Unidade Central (UC), que coordena as atividades desenvolvidas nas UVLs, consolida os resultados e abriga os setores responsáveis pela gestão dos Programas de Saúde Animal e demais áreas estratégicas da instituição.

O presente estudo foi desenvolvido em parceria entre o Setor de Epidemiologia e Estatística (SEE) da AGED/MA e a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). O aplicativo foi testado em campo por servidores da Unidade Regional de Itapecuru Mirim, abrangendo 12 municípios sob sua jurisdição, com o objetivo de avaliar sua usabilidade e funcionalidades operacionais. Os procedimentos e resultados desse teste encontram-se descritos em Barros et al.[6].

O software constitui um produto de pesquisa tecnológica desenvolvido com financiamento público e devidamente registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sob o número de processo BR512024004102-8. Considerando o caráter sensível das informações tratadas nas ações de vigilância sanitária, o código-fonte não é disponibilizado publicamente, de modo a assegurar a proteção de dados institucionais e operacionais. O acesso à ferramenta pode, entretanto, ser concedido sob demanda a órgãos oficiais de defesa agropecuária, mediante autorização institucional. Essa forma controlada de disponibilização garante o uso ético e seguro da tecnologia, preserva a confidencialidade das informações e, ao mesmo tempo, assegura o escrutínio científico por meio da descrição metodológica detalhada, do registro formal e das avaliações em campo apresentadas neste trabalho.

Construção do aplicativo

A concepção do aplicativo originou-se da demanda do SEE/AGED-MA por um instrumento digital capaz de consolidar e atualizar, em tempo real, informações sobre os Possíveis Pontos de Introdução e/ou Dissemi-

nação de Enfermidades (PPIDE) – Pontos de Risco – e Propriedades Pecuárias sob Maior Risco Epidemiológico (PPMRE) – Propriedades sob Risco –, nos municípios maranhenses, com base nos dados coletados pelas UVLs. Essas informações subsidiam o planejamento das metas anuais de visitas mensais, parte integrante das ações rotineiras de vigilância epidemiológica. As visitas têm como finalidade identificar e atualizar indicadores de risco nos municípios, além de monitorar a introdução ou disseminação de enfermidades em propriedades classificadas segundo seu grau de risco epidemiológico.

A arquitetura funcional do aplicativo foi estruturada conforme o modelo de vigilância em saúde animal adotado pela Defesa Agropecuária Brasileira (MAPA, 2022), que abrange nove programas sanitários voltados a animais terrestres e um para animais aquáticos. Considerando a diversidade de espécies e doenças contempladas nas atividades pecuárias, o aplicativo foi projetado para atender aos requisitos técnicos desses programas, excluindo enfermidades cujo impacto econômico ou zoonótico não se enquadra nas ações de vigilância oficial.

A metodologia utilizada para identificação e classificação do risco epidemiológico dos PPIDE e das PPMRE baseou-se nas diretrizes da Organização Mundial da Saúde Animal (WOAH) e do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Essas normas constituem referência técnica consolidada para vigilância epidemiológica e para o cálculo de indicadores de risco, assegurando padronização, rastreabilidade e confiabilidade dos procedimentos empregados.

Etapas de desenvolvimento

Primeira etapa - Revisão da literatura

Realizou-se uma revisão narrativa integrativa com ênfase em documentos institucionais do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) — manuais, normativas e instruções —, complementada por artigos científicos disponíveis nas bases PubMed e Scopus. Essa revisão permitiu a atualização dos questionários de categorização de estabelecimentos[7] e a definição dos critérios de risco aplicáveis à classificação dos Pontos de Risco e das Propriedades sob Maior Risco Epidemiológico.

A seleção dos critérios foi guiada por referenciais oficiais, abrangendo os seguintes programas de saúde animal:

1. Programa Nacional de Vigilância para a Febre Aftosa (PNEFA) - critérios definidos nos manuais de investigação de doença vesicular e nos planos de vigilância e contingência da febre aftosa[3-8];
2. Programa Nacional de Prevenção e Vigilância da Encefalopatia Espongiforme Bovina (PNEEB) - diretrizes para importação de animais e fiscalização de alimentos de ruminantes[9-10];
3. Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) - indicadores de ocorrência de raiva em propriedades e abrigos de morcegos transmissores[11];
4. Programa Nacional de Sanidade dos Suídeos (PNSS) - variáveis de manejo, localização e histórico sanitário de suínos[12];
5. Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA) - parâmetros de risco relacionados à presença de aves migratórias e áreas de trânsito[13];
6. Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal (PNCEBT) - critérios do Regulamento Técnico do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal[14];
7. Programa Nacional de Sanidade de Caprinos e Ovinos (PNSCO) - referência ao Manual Merck de Medicina Veterinária[15], incluindo enfermidades não contempladas nos programas nacionais;
8. Programa Nacional de Sanidade dos Equídeos (PNSE) - normas para prevenção e controle do Mormo e da Anemia Infecciosa Equina[16];
9. Programa Nacional de Sanidade Apícola (PNSAb) - avaliação de risco em apiários segundo manejo e localização;
10. Programa Nacional de Sanidade dos Animais Aquáticos (PNSAq) - diretrizes para prevenção e erradicação de enfermidades em animais aquáticos[17].

Segunda etapa - Atualização de formulários e sistematização de cálculo de risco

Com base na revisão, os formulários de campo (cheklist) foram atualizados e padronizados para unificar a coleta de dados sanitários nas visitas das Unidades Veterinárias Locais (UVLs). A estrutura dos questionários visou contemplar o maior número possível de indicadores relevantes, considerando o tipo de exploração animal e os riscos específicos de cada programa sanitário.

O cálculo do Índice de Risco (IR) foi estruturado para representar quantitativamente o grau de vulnerabilidade e receptividade de cada ponto de risco ou propriedade[18]. Cada variável do questionário recebeu um valor de 1 a 3 (1 - baixo risco, 2 - médio risco e 3 - alto risco), conforme a magnitude do fator avaliado. As variáveis foram agrupadas em dois subconjuntos: vulnerabilidade (X): propensão à introdução de agentes infecciosos; e receptividade (Y): propensão à disseminação e manutenção dos agentes. A ponderação entre vulnerabilidade e receptividade foi de 60% e 40%, respectivamente. O

cálculo seguiu a seguinte fórmula:

$$IR = \left(\frac{X}{nx} \times 0{,}6\right) + \left(\frac{Y}{ny}\right) \times 0{,}4$$

Onde:

X = soma dos escores de vulnerabilidade;

nx = número de perguntas sobre vulnerabilidade;

Y = soma dos escores de receptividade;

ny = número de perguntas sobre receptividade.

A classificação final foi realizada de acordo com o valor do IR: Alto risco: 2,41 ≤ IR ≤ 3,00; Médio risco: 1,61 ≤ IR ≤ 2,40; e Baixo risco: 1,00 ≤ IR ≤ 1,60. Essa classificação orienta o número de visitas mensais de monitoramento a serem realizadas pelas UVLs [18]. O Microsoft Excel 2010 foi utilizado para automatizar os cálculos, e o gerenciamento das tabelas de referência ficou sob responsabilidade da Unidade Central da AGED/MA.

Terceira etapa – Definição da lógica funcional e requisitos do sistema

A lógica do aplicativo foi construída para integrar os critérios epidemiológicos descritos, permitindo a classificação automática dos Pontos de Risco (PPIDE) e das Propriedades sob Risco (PPMRE). Cada tipo de estabelecimento (ex.: abatedouros, laticínios, fazendas, centros de reprodução) foi vinculado a um formulário específico com pesos e variáveis ajustados à natureza da atividade.

Os fatores de risco comuns a todas as propriedades foram reunidos sob o grupo "Risco Comum", enquanto os fatores específicos foram organizados conforme os programas sanitários de referência. Essa estrutura modular permitiu maior flexibilidade e escalabilidade da ferramenta.

O desenvolvimento do código-fonte foi conduzido pela equipe de Tecnologia da Informação da AGED/MA, com suporte técnico dos pesquisadores. Utilizou-se o framework Flutter e a linguagem Dart, permitindo compatibilidade com sistemas Android e iOS e integração com o Sistema de Gestão Agropecuária (SIGAMA). O SQLite foi empregado como banco de dados local, viabilizando o uso offline — condição essencial em regiões com baixa conectividade.

Quarta e quinta etapas - Testes de usabilidade e entrega do protótipo final

Na quarta etapa, foram realizados testes de usabilidade em campo com oito servidores da AGED/MA, vinculados à Unidade Regional de Itapecuru Mirim, com experiência mínima de cinco anos na defesa sanitária animal. Avaliaram-se a funcionalidade, a interface, a navegação e a experiência do usuário.

O teste foi precedido de treinamento prático e aplicado por meio de formulário eletrônico (Google Forms), utilizando a Escala Likert para avaliação funcional e a System Usability Scale (SUS) para mensuração da usabilidade[6]. As sugestões e observações foram consolidadas em relatório técnico, subsidiando os ajustes da versão final.

A quinta etapa envolveu a entrega da versão final do protótipo à AGED/MA, incorporando as melhorias identificadas nos testes e nos relatórios. Foram elaborados procedimentos operacionais padrão (POPs), manual do usuário e materiais instrucionais (vídeos e guias rápidos), visando a difusão do uso do aplicativo no âmbito estadual.

Aspectos éticos

O estudo referente à etapa de avaliação do protótipo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual do Maranhão (CEP/UEMA), sob o CAAE nº 58051022.8.0000.5554. Todas as etapas seguiram os princípios da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, assegurando o consentimento livre e esclarecido dos participantes e a confidencialidade das informações coletadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na revisão documental e na análise normativa, observou-se que os Programas Nacionais de Erradicação e Controle da Febre Aftosa (PNEFA), Sanidade dos Suídeos (PNSS), Sanidade Avícola (PNSA) e Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) já possuíam pontos de risco definidos em suas respectivas instruções e manuais federais. Para os demais programas, foi necessário desenvolver indicadores específicos de risco com base nas descrições técnicas das normas e em informações complementares da literatura cinza.

A integração dos critérios de risco demandou análise cruzada entre os programas sanitários e as tipologias de estabelecimentos, de modo a refletir a importância epidemiológica de cada atividade na disseminação de doenças. Após a definição dos tipos de instalações como pontos de risco, revisaram-se os questionários de avaliação, atualizando perguntas e respostas e criando novos elementos de análise. A sintaxe das equações para o cálculo do Índice de Risco (IR) foi implementada em planilha Excel, garantindo consistência matemática e automatização do processo.

A movimentação animal configurou-se como o

principal determinante de risco, corroborando achados prévios da literatura[19]. Contudo, fatores adicionais — como espécie explorada, tipo de manejo, localização geográfica e práticas operacionais — também apresentaram influência significativa. Por exemplo, propriedades com criação de bovinos apresentam riscos associados ao transporte, participação em eventos agropecuários e exposição a enfermidades como febre aftosa, brucelose, tuberculose e raiva dos herbívoros.

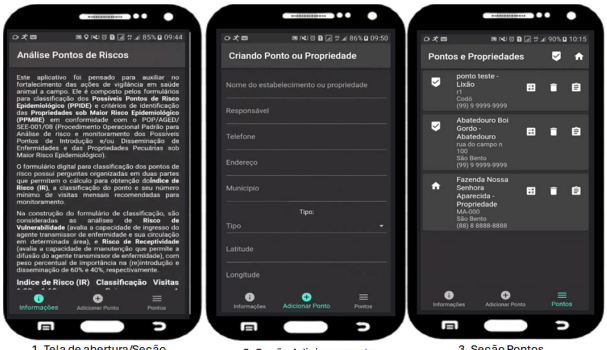
O desenvolvimento do projeto resultou em um aplicativo móvel para identificação e classificação do risco epidemiológico, voltado ao apoio das ações de vigilância da Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED/MA). O sistema, denominado CREPER (Calculadora de Risco Epidemiológico de Propriedades e Estabelecimentos Rurais), é de uso restrito ao serviço oficial de defesa sanitária e distribuído via arquivo APK, assegurando padronização das operações de campo.

O aplicativo opera offline, permitindo coleta de dados mesmo em áreas sem conectividade, e incorpora recursos como geolocalização, formulários padronizados, cálculo automático do IR e geração de relatórios nos formatos PDF e TXT. Essa arquitetura elimina a necessidade de formulários impressos, reduz erros manuais e aumenta a eficiência operacional das Unidades Veterinárias Locais (UVLs).

Apesar de a distribuição ser controlada, recomenda-se, para versões futuras, a incorporação de mecanismos adicionais de autenticação e criptografia (como login individual e validação de perfil) a fim de aprimorar a proteção dos dados em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD. Tais medidas, amplamente adotadas em sistemas críticos de outros setores (como o financeiro), podem fortalecer ainda mais a segurança informacional e a rastreabilidade das ações oficiais.

O armazenamento temporário dos dados no dispositivo garante a sincronização automática quando a conexão estiver disponível, característica essencial em regiões rurais com infraestrutura precária[19]. O layout do sistema foi organizado em três seções principais: i) informações gerais do aplicativo; ii) cadastro de pontos e propriedades e iii) resumo dos registros, com acesso à calculadora de risco (Figura 1).

Figura 1: Seções do aplicativo (telas de abertura, cadastro, pontos de risco e propriedades).



1. Tela de abertura/Seção informações 2. Seção Adicionar ponto 3. Seção Pontos

Fonte: Protótipo CREPER, 2025.

O cadastro dos pontos e propriedades ocorre na seção "Adicionar Ponto", com inserção direta dos dados pelo usuário. As informações são automaticamente integradas à página "Pontos", que apresenta o checklist de avaliação de risco para conferência prévia antes do preenchimento definitivo. Após o envio do formulário, o aplicativo calcula o IR, classifica o risco (alto, médio ou baixo) e informa o número de visitas mensais correspondentes, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Modelos da disposição do questionário avaliativo de pontos de risco.



Fonte: Protótipo CREPER, 2025.

Para contemplar os riscos gerais e riscos específicos por programa sanitário, foram estruturados checklists no aplicativo. O checklist geral contém 37 itens de risco comum, aplicáveis a qualquer propriedade, enquanto os específicos incluem: PNEFA (n=14), PNEEB (n=9), PNCRH (n=6), PNCEBT (n=4), PNSS (n=16), PNSA

(n=9), PNSAp (n=5), PNSE (n=7), PNSCO (n=5) e PNSAq (n=6). A estrutura permite múltiplas seleções e exibe o nome do programa abaixo de cada critério avaliado (Figura 3).

Figura 3: Modelos da disposição do Checklist para identificação dos critérios de avaliação de risco da propriedade sob maior risco.



Fonte: Protótipo CREPER, 2025.

Na seção "Pontos", o sistema lista os cadastros realizados, permitindo selecionar, visualizar ou editar registros. A disposição dos ícones e suas funções é apresentada na Figura 4, que inclui atalhos para cálculo do IR, exclusão de registros e geração de relatórios em formato PDF.

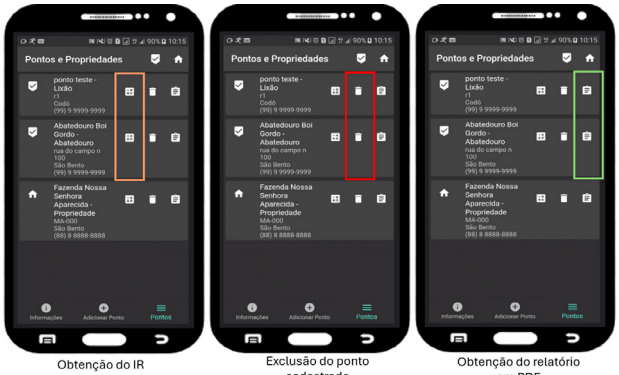
Figura 4: Significado dos ícones utilizados no aplicativo.

ÍONE	O QUE REPRESENTA
	Relação dos Pontos de Risco (PPIDE) cadastrados no aplicativo (**Bandeira**)
	Relação das Propriedades sob Risco (PPMRE) cadastradas no aplicativo (**Casa**)
	Local para obtenção do IR / identificação de critérios de risco (**Calculadora**)
	Local para exclusão de Ponto / Propriedade cadastrado (**Lixeira**)
	Local para extração de dados do aplicativo em PDF (**Prancheta**)
	Local para extração de dados do aplicativo em TXT (**Bandeira** para PPIDE e **Casa** para PPMRE)

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A Figura 5 ilustra o acesso direto aos dados dos pontos de risco e as funções de exclusão individual e geração de relatórios. O aplicativo não permite a exclusão simultânea de múltiplos registros, evitando remoções indevidas.

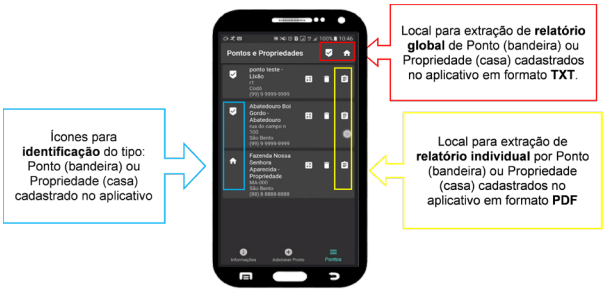
Figura 5: Identificação e locais para classificação, exclusão e obtenção de registros dos pontos de risco cadastrados no aplicativo. 1. Calculadora - acesso ao checklist e obtenção do IR (destaque laranja); 2. Lixeira – exclusão individual do ponto desejado (destaque vermelho); 3. Prancheta - acesso ao relatório individual dos itens cadastrados (destaque em verde).



Fonte: Protótipo CREPER, 2025.

Os relatórios podem ser exportados em formato TXT (relatório global dos pontos e propriedades cadastradas) ou PDF (individuais por ponto ou propriedade), conforme demonstrado na Figura 6, permitindo o compartilhamento de informações com o Sistema Estadual de Epidemiologia (SEE) e a documentação das atividades de vigilância.

Figura 6: Tela demonstrativa da seção "Pontos", para obtenção dos relatórios individuais e global dos Pontos e Propriedades cadastrados no aplicativo.



Fonte: Protótipo CREPER, 2025.

Historicamente, as UVLs da AGED/MA utilizavam formulários impressos, tornando o processo de vigilância mais lento e suscetível a erros. A adoção de uma ferramenta digital representa um avanço tecnológico e metodológico, possibilitando coleta, cálculo e registro automatizados do IR e integrando dados de diferentes programas sanitários em uma plataforma única.

Essa integração é particularmente relevante para o monitoramento de zoonoses e enfermidades de notificação obrigatória, uma vez que a consolidação de múltiplos indicadores em um mesmo sistema reduz duplicidades e

amplia a capacidade analítica do serviço veterinário oficial[20].

A literatura internacional reforça a efetividade de tecnologias móveis em vigilância epidemiológica animal, especialmente em regiões com limitações logísticas. Robertson et al.[21] relataram, no Sri Lanka, a implementação de um sistema móvel para detecção precoce de doenças infecciosas em comunidades agrícolas, enquanto Thumbi et al.[22], no Quênia, demonstraram o uso eficiente de smartphones para notificação de zoonoses por produtores e agentes de campo. Esses resultados sustentam a aplicabilidade e relevância de soluções digitais como o CREPER, sobretudo no contexto da realidade rural do Maranhão.

Embora o preenchimento dos formulários seja individual por ponto ou propriedade, essa estrutura garante padronização e rastreabilidade das informações, além de facilitar a integração com o Sistema de Gestão Agropecuária (SIGAMA). Estudos futuros poderão comparar o tempo de preenchimento entre os métodos digital e manual, visando aprimorar a usabilidade e eficiência em campo.

CONCLUSÃO

O aplicativo CREPER demonstrou ser uma ferramenta digital inovadora, eficaz e operacionalmente viável para o gerenciamento e análise de dados da vigilância epidemiológica em animais de produção. Sua concepção integrada permitiu a padronização dos critérios de risco utilizados nos diferentes programas de saúde animal, favorecendo a harmonização das ações de vigilância e a racionalização das rotinas de campo.

A interface intuitiva e a automatização do cálculo do Índice de Risco (IR) conferem maior agilidade, confiabilidade e rastreabilidade às informações, reduzindo erros associados ao preenchimento manual e facilitando a tomada de decisão pelos serviços veterinários oficiais. Além de aprimorar a eficiência operacional, o aplicativo contribui para a consolidação de uma base de dados epidemiológica estruturada, fundamental para o planejamento estratégico das ações de defesa sanitária animal no estado do Maranhão.

Recomenda-se que futuros aprimoramentos contemplem mecanismos adicionais de segurança e autenticação, bem como estudos de usabilidade em diferentes contextos operacionais, visando consolidar o CREPER como ferramenta de referência para a vigilância epidemiológica em nível estadual e potencialmente nacional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED/MA) pela colaboração durante as etapas de validação e testes de campo do aplicativo; ao Fundo de Desenvolvimento da Pecuária do Estado do Maranhão (FUNDEPEC-MA) pelo financiamento do desenvolvimento da ferramenta; e à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio à divulgação dos resultados desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. World Organisation for Animal Health. Terrestrial Code Online Access. General provisions [Internet]. Paris: WOAH, 2022. [citado 2024 set 09] Disponível em: https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access/.
2. Martin PAJ, Langstaff I, Iglesias RM, East IJ, Sergeant ESG, Garner MG. Assessing the efficacy of general surveillance for detection of incursions of livestock diseases in Australia. Prev Vet Med. 2015 Oct;121(3–4):215–30.
3. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano de contingência para a febre aftosa: níveis técnico e operacional declaração e gerenciamento da emergência zoossanitária. Brasília (DF): MAPA/AECS; 2020a. 141p. [citado 2024 set 03] Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/febre-aftosa/planocontingenciaparafebre-aftosa.pdf.
4. Qian S, Cui Y, Cai Z, Li L. Applications of smartphone-based colorimetric biosensors. Biosens Bioelectron X. 2022 Sep; 11:100173.
5. Possenti L, Savini L, Conte A, D'Alterio N, Danzetta ML, Di Lorenzo A, et al. A New Information System for the Management of Non-Epidemic Veterinary Emergencies. Animals. 2020 Jun 5;10(6):983.
6. Barros RJ, Prazeres MPCS, Oliveira JC, Carvalho SM, Silva ATTC, Fonseca LS, et al. Avaliação de aplicativo digital para análise de risco epidemiológico em estabelecimentos e propriedades rurais. Revista Eletrônica Acervo Saúde. 2025 25, e18697. [citado 2024 set 09] Disponível em https://doi.org/10.25248/reas.e18697.2025
7. Maranhão. Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão. POP CDA/SEE N°

001/08: Procedimento operacional padrão para análise de risco e monitoramento dos possíveis pontos de introdução e/ou disseminação de doenças vesiculares e das propriedades pecuárias sob maior risco epidemiológico. 1. ed. São Luís: AGED/MA; 2008. [Revisão 3; 2017] 46p.

8. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de investigação de doenças vesiculares. Brasília (DF): MAPA/AECS; 2020b. 59p. [citado 2024 set 11] Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/febre-aftosa/manualinvestigacaodoencavesicular.pdf.
9. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 49/2008, de 15 de setembro de 2008. Estabelece as categorias de risco para a Encefalopatia Espongiforme Bovina – EEB. Diário Oficial da União. 2008 Set 16; (179 seção 1):8-9.
10. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Norma Interna Nº 09/2010, de 11 de maio de 2010. Estabelece os procedimentos de fiscalização de alimentos para ruminantes em fazendas. Brasília (DF): MAPA; 2010. [citado 2024 set 11] Disponível em: http://www.adab.ba.gov.br/arquivos/File/ASCOM_2021/DOCUMENTOS/Norma_Interna_09_11_05_2010__1.pdf.
11. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Controle da raiva dos herbívoros: manual técnico. Brasília (DF): MAPA/ACS; 2009. 124p. [citado 2024 set 13] Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/raiva-dos-herbivoros-e-eeb/MANUAL_RAIVAHERBVOROS2009.pdf.
12. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de padronização: procedimentos operacionais para a vigilância de doenças hemorrágicas dos suínos em unidades veterinárias locais. Brasília (DF): DSS/CAT/CGSA/DSA/DAS/MAPA; 2016. [versão 1.0; jun.]32p. [citado 2024 set 03] Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/sanidade-suidea/legislacao-suideos/Manualdevigilnciaparadoenashemorrgicas NEPAverso1_2016.pdf/.
13. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano de contingência para influenza aviária e doença de Newcastle. Brasília (DF): MAPA; 2013. [versão 1.4; abr.], 59p. [citado 2024 set 02] Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/pnsa/imagens/PlanodeContingenciaIAeDNC-Versao1.42013.pdf.
14. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 10, de 03 de março de 2017. Fica estabelecido o Regulamento Técnico do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal – PNCEBT. Diário Oficial da União. 2017 Jun 20; (116 seção 1): 4-8.
15. Roman NJ, Textor J. (ed). Manual veterinário MSD: dicionário de doenças veterinárias [Internet]. Rahway (NJ): MSD; 2022. Citado [08 set 2024]. Disponível em: https://www.msdvetmanual.com/.
16. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 6, de16 de janeiro de 2018. Aprova as diretrizes gerais para prevenção, controle e erradicação do mormo no território nacional no âmbito do Programa Nacional de Sanidade dos Equídeos (PNSE), na forma desta Instrução Normativa. Diário Oficial da União. 2018 Jan 17; (12 seção 1):3-4.
17. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aquicultura com sanidade programa nacional de sanidade de animais aquáticos de Cultivo: manual orientado aos órgãos executores de sanidade agropecuária. Brasília (DF): MAPA/AECS; 2020c. 46p. [citado 2024 set 29] Disponível em: https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202012/07145926-pnsaaq--manual-aquicultura-com-sanidade-svo.pdf.
18. Chaves NP, Bezerra DC, Coimbra VCS, Abreu-Silva AL. Risk areas for the insertion of infectious agents the implementation of geoprocessing in epidemiology. IJITEE, Bhopal. 2015; 4(10):1-6. [citado 2024 set 07] Disponível em: https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v4i10/J19810341015.pdf.
19. Duncombe R. Mobile Phones for Agricultural and Rural Development: A Literature Review and Suggestions for Future Research. Eur J Dev Res. 2016 Apr 5;28(2):213–35.
20. Addo-Tenkorang R, Gwangwava N, Ogunmuyiwa EN, Ude AU. Advanced Animal Track-&--Trace Supply-Chain Conceptual Framework: An Internet of Things Approach. Procedia Manuf. 2019;30:56–63.
21. Robertson C, Sawford K, Daniel SLA, Nelson

TA, Stephen C. Mobile Phone–based Infectious Disease Surveillance System, Sri Lanka. Emerg Infect Dis. 2010 Oct;16(10):1524–31.

22. Thumbi SM, Njenga MK, Otiang E, Otieno L, Munyua P, Eichler S, et al. Mobile phone-based surveillance for animal disease in rural communities: implications for detection of zoonoses spillover. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2019 Sep 30;374(1782):20190020.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.