

Produção Animal e Recursos Hídricos

Tecnologias para manejo de resíduos
e uso eficiente dos insumos



Julio Cesar Pascale Palhares

Editor Técnico

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Produção animal e recursos hídricos

**Tecnologias para manejo de resíduos
e uso eficiente dos insumos**

Julio Cesar Pascale Palhares
Editor Técnico

Embrapa
Brasília, DF
2019

Embrapa Pecuária Sudeste

Rodovia Washington Luiz, Km 234 s/nº
Fazenda Canchim
Caixa Postal 339
13560-970 São Carlos, SP
Fone: (16) 3411-5600

Responsável pelo conteúdo

Embrapa Pecuária Sudeste

Comitê Local de Publicações

Presidente

Alexandre Berndt

Secretária-executiva

Simone Cristina Méo Niciura

Membros

Maria Cristina Campanelli Brito

Emília M. P. Camarnado

Milena Ambrosio Telles

Mara Angélica Pedrochi

Embrapa, Secretaria-Geral

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Responsável pela edição

Secretaria-Geral

Coordenação editorial

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Erika do Carmo Lima Ferreira

Revisão de texto

Jane Baptistine de Araújo

Ana Maranhão Nogueira

Normalização bibliográfica

Márcia Maria Pereira de Souza

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Leandro Sousa Fazio

Capa

Paula Cristina Rodrigues Franco

1ª edição

Publicação digitalizada

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa

Produção animal e recursos hídricos : tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos / Julio Cesar Pascale Palhares, editor técnico – Brasília, DF : Embrapa, 2019.

PDF (210 p.). : il

ISBN 978-85-7035-911-7

1. Água. 2. Produção animal. 3. Resíduo orgânico. I. Título. II. Embrapa Pecuária Sudeste.

CDD (21. ed.) 636.293

Autores

Aline Viancelli

Bióloga, doutora em Biotecnologia e Biociências, professora da Universidade do Contestado, Concórdia, SC

Airton Kunz

Químico industrial, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Arthur Carniato Sanches

Engenheiro agrícola e ambiental, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, professor da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS

Augusto Hauber Gameiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Aplicada, professor da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/USP, Pirassununga, SP

Célia Regina Monte Baradi

Biomédica, doutora em Ciências Biológicas-Biologia Molecular, professora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

Celso Aita

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Danielle Moraes Amorim

Engenheira agrícola e ambiental, mestre em Engenharia Agrícola, doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, SP

Ezequiel Cesar Carvalho Miola

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Engenheira agrícola e ambiental, mestre em Engenharia Agrícola, doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, SP

Desafios sanitários no reúso de efluentes da produção animal no contexto Saúde Única

*Gislaine Fongaro ■ Airton Kunz ■ Aline Viancelli ■ Maria Célia da Silva Lanna ■
Célia Regina Monte Baradi ■ Maria Elisa Magri ■ Helen Treichel*

Introdução

A demanda mundial por alimentos, bem como a infertilidade dos solos e a contaminação da água têm estimulado estudos voltados ao reúso de efluentes produzidos nos sistemas de produção de animais confinados, para fins de biofertilização. No entanto, muitos são os desafios encontrados no manejo seguro desses efluentes, dos quais os aspectos sanitários e agronômicos são os mais importantes, tendo em vista a necessidade do desenvolvimento de estratégias aplicadas à realidade produtiva, que visem à obtenção de produtos valorados e sanitariamente seguros.

Nessa perspectiva, o presente capítulo trata dos principais desafios sanitários no reúso de efluentes da produção animal, considerando o conceito One Health ou Saúde Única, que trata do conjunto de estudos que une áreas da medicina humana e animal, visando, também, à conservação do meio ambiente.

Reúso de efluentes da produção animal

A riqueza dos micronutrientes contidos nos dejetos gerados na suinocultura é amplamente utilizada para melhorar a condição agronômica de solos e plantas. O uso de dejetos animais como biofertilizante constitui um dos desafios da agricultura mundial, que deverá ampliar em 80% a produção de alimentos até 2050, a fim de suprir as necessidades da população, que, segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), deve atingir a marca de 9,7 bilhões de pessoas (FAO, 2014). Ainda segundo a FAO, até 2030, o consumo mundial de alimentos irá aumentar em relação ao que é produzido atualmente. A carne suína terá

aumento de 47%, a carne de frango 55% e a carne bovina 34%. Além disso, haverá aumento no consumo de outros alimentos como milho, arroz e soja. Especialmente para a agricultura brasileira, o desafio reside em aumentar a produção, de modo a conciliar a sustentabilidade ambiental e o decréscimo da pobreza e da desigualdade social. No cenário mundial, o Brasil apresenta expressivo potencial para contribuir para a produção alimentar do planeta, requerendo, portanto, grandes quantidades de fertilizantes para suprir tais demandas.

Neste modelo de produção e reciclagem de dejetos, cujo objetivo é a sustentabilidade agrícola, deve-se considerar a segurança sanitária dos dejetos, visando à saúde humana, animal e ambiental (Fongaro et al., 2016), dentro do aspecto relacionado ao conceito Saúde Única. Esse conceito pode ser definido como a adição de valores e conhecimentos da saúde humana e animal, para aperfeiçoar e melhorar os serviços ambientais. Tal escopo tornou-se viável no final dos anos 1990, por meio da aliança formalizada entre a Organização Mundial da Saúde (OMS), a FAO e a Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) (Nguyen-viet et al., 2015).

As estratégias da Saúde Única consideram prioritariamente o controle sanitário por meio do controle de patógenos zoonóticos (Nguyen-viet et al., 2015). Isso se deve a preocupação com a segurança sanitária na produção animal, uma vez que são muitos os microrganismos que oferecem riscos para a saúde humana, animal e do ambiente, destacando-se como principais agentes patogênicos os de etiologia viral e bacteriana (Hundesa et al., 2009).

Patógenos entéricos e biomarcadores aplicados no controle sanitário visando ao reúso de efluentes

Os patógenos entéricos possuem rota feco-oral e são reconhecidos como estáveis e prevalentes em diversos ambientes, podendo acometer humanos e animais (World Health Organization, 2006). Nesse sentido, é extremamente importante o desenvolvimento, o melhoramento e a aplicação de técnicas que visem à higienização/descontaminação das excretas, principais fontes de transmissão e contaminação

de ambientes. Para avaliar a eficiência da desinfecção de excretas, os patógenos entéricos passivos de enumeração são amplamente utilizados, chamados assim de biomarcadores ou indicadores de qualidade sanitária.

O uso de bactérias entéricas como indicadoras e biomarcadoras de contaminação fecal é muito frequente em todo o mundo. A *Salmonella* spp., frequentemente encontrada em excretas humanas e animais, é caracterizada como uma bactéria gram-negativa que coloniza o trato intestinal humano e animal, sendo considerada um patógeno zoonótico (Griffith et al., 2006). Comparada a outras bactérias entéricas, o gênero *Salmonella* é prevalente em suínos, possui capacidade aumentada de sobrevivência em meio livre e pode ser reativada no ambiente, dependendo de fatores como temperatura, nutriente, umidade e pH (Griffith et al., 2006). Assim, essa bactéria é considerada um problema quando se trata de reciclagem de resíduos biológicos (como biofertilizantes, água de reúso de atividades agrícolas, etc.). Portanto, essas características tornam o gênero *Salmonella* um importante biomarcador bacteriano entérico (Baptista et al., 2010).

Das bactérias entéricas, com potencial patogênico, destacam-se as zoonóticas, de transmissão hídrica e alimentar. Nesse grupo, são contempladas espécies de *Salmonella* e tipos diarreiogênicos de *Escherichia coli*. Outros grupos bacterianos de veiculação hídrica vêm se destacando, como as espécies de *Vibrio* e *Campylobacter*, que igualmente podem ser disseminadas pelos dejetos dos animais dispostos de forma inadequada no ambiente (Griffith et al., 2006).

A *E. coli*, modelo biomarcador de contaminação fecal difundido mundialmente, apresenta tipos comensais e úteis à microbiota intestinal do homem e dos animais, porém há linhagens que apresentam genes de virulência. Os genes de algumas dessas linhagens expressam fatores desencadeadores de síndromes entéricas, como diarreias e outros sinais clínicos, sendo reconhecidas como tipos diarreiogênicos de *E. coli*. Algumas dessas linhagens patogênicas estão associadas à alta morbidade e mortalidade animal e humana. Atenção especial deve ser dada às enfermidades associadas às estirpes de *E. coli* dotadas de genes de virulência. Nesse caso, devem-se levar em conta as populações numericamente consideráveis dessa espécie, as quais

são amplamente adaptadas aos diferentes ambientes, e sua instabilidade genética, que contribui para aumentar a diversidade de linhagens patogênicas e de difícil controle pela falta de vacinas efetivas. Esses tipos de estirpes podem ser divididos em vários grupos patogênicos: enteropatogênico (EPEC), enterotoxigênico (ETEC), enteroinvasivo (EIEC), entero-hemorrágico (EHEC) e enteroagregativo (EAEC) (Urgent..., 2011; Al-Badaii et al., 2015).

Na suinocultura, a *E. coli*, causadora da doença do edema em suínos, tem sido estudada por causa de sua virulência e dos prejuízos econômicos causados ao setor. A doença do edema é um dos tipos de doença epidêmica associada a três sorogrupos prevalentes de *E. coli* (O138, O139 e O141) e acomete leitões jovens, como os recém-desmamados. Causa edema das pálpebras, diarreia e neuroangiopatias (ataxia, paralisia, convulsões), em razão da presença da toxina denominada verotoxina do edema (*Stx*e) (Urgent..., 2011; Al-Badaii et al., 2015).

Entre os modelos parasitários, os oocistos de *Cryptosporidium* spp., os cistos de *Giardia* spp. e os ovos de *Ascaris* spp. são considerados os mais resistentes aos processos de tratamento e desinfecção de matrizes, como água, esgoto, efluente, etc. (Centers for Disease Control and Prevention, 2013; Leal et al., 2013). Desses, os ovos de helmintos têm sido referenciados como uma das estruturas biológicas mais resistentes (Quilès et al., 2006). Os ovos de helmintos, como *Ascaris lumbricoides* e *A. summ* (em que um é indicativo do comportamento do outro), são protegidos por uma estrutura membranosa quádrupla, que tem em média uma espessura total de 4,5 µm. Os ascarídeos são parasitos do intestino delgado, e a ascaridíase decorre da presença de vermes adultos no lúmen intestinal do hospedeiro. Os vermes, quando na fase adulta, chegam a medir 35 cm de comprimento, e uma fêmea adulta fecundada pode produzir cerca de 200 mil ovos por dia (Quilès et al., 2006). Cabe ressaltar que, com a pecuária tecnificada, a circulação dos agentes helmínticos tem diminuído, principalmente em virtude da alimentação animal (Fongaro et al., 2014),

Os vírus entéricos são mencionados e estudados pela elevada resistência às condições ambientais adversas, podendo permanecer viáveis por longos períodos na água, resistindo a condições ambientais desfavoráveis ou letais para outros

microrganismos, tais como pH extremo, temperaturas elevadas, salinidade e radiação ultravioleta (UV) natural (Griffin et al., 2008). Possuem ainda a capacidade de rápida adsorção em partículas sólidas dispersas no ambiente, o que favorece a proteção diante de fatores inativantes (Hernroth et al., 2002; Koopmans et al., 2002).

A importância dos estudos no campo da virologia ambiental vem recebendo destaque ao longo dos anos, principalmente no que se refere à não correlação entre a presença de vírus e bactérias em amostras ambientais (Wong; Selvan, 2009). Posteriormente, relatou-se a capacidade de sobrevivência de agentes virais em dejetos de suíno e em água de reúso, bem como sua capacidade de percolação em diferentes tipos de solo (Roberts et al., 2016) e internalização em hortaliças diversas (Yang et al., 2017).

Para estabelecer o padrão de seguridade, são necessários agora estudos com análise de risco que considerem diferentes situações de exposição e implicações para a saúde em longo prazo (Dickin et al., 2016), a fim de que sejam determinados os graus de qualidade conforme a nobreza da atividade a ser desenvolvida com o emprego da água de reúso. A partir da determinação dos limites de contaminação, o desafio será estabelecer metodologias eficazes e economicamente viáveis para inativação de agentes virais.

Entre as enfermidades de etiologia viral, podem-se destacar as diarreias causadas pelos rotavírus A e C (RVA e RVC). Os rotavírus constituem um dos principais vírus entéricos tanto para humanos quanto para animais, principalmente em crianças menores de 5 anos e em animais nas primeiras fases de produção (ex.: leitões e bezerras), e são excretados em altas concentrações nas fezes de indivíduos contaminados. Os rotavírus A e C, que pertencem à família *Reoviridae*, não apresentam envelope e seu genoma consiste em RNA de dupla fita, segmentado (Alfieri et al., 2007). De acordo com as diferenças antigênicas detectadas na proteína VP6, os RVA podem ser classificados em sete sorogrupos distintos. Os grupos A, B e C são aqueles encontrados tanto em humanos quanto em outras espécies animais, especialmente em suínos (Estes et al., 2013).

No território brasileiro, o RVA já foi detectado em água superficial (Elmahdy et al., 2016; Gillman, 2016), subterrânea (Fongaro et al., 2015) e em água de torneira (Kluge et al., 2014). Embora no Brasil a vacinação contra RVA tenha sido inserida no

calendário obrigatório desde 2006, ainda são observados picos sazonais da doença em todas as regiões do País (Masukawa et al., 2016).

Ainda na perspectiva da Saúde Única, destaca-se o vírus da hepatite E (HEV), o qual tem emergido como vírus zoonótico especialmente em países em desenvolvimento (Salines et al., 2017). O HEV não possui envelope, tem RNA de fita simples e é transmitido pela rota feco-oral, podendo causar sintomas clínicos semelhantes aos da HAV, porém geralmente mais severos (Emerson; Purcell, 2003). A preocupação com esse vírus reside não apenas na contaminação ambiental, mas também na cadeia produtiva de alimentos (Salines et al., 2017), quando ocorre sua contaminação.

Outro vírus que tem se destacado e que pode atingir suínos, por ingestão de água contaminada, é o circovírus suíno tipo 2 (PCV2), o qual está associado a um conjunto de manifestações clínicas de importância veterinária. A circovirose suína, caracterizada e identificada no Brasil pela primeira vez no ano 2000 por Zanella e Mores (2003), tem aumentado nos últimos anos, causando prejuízos econômicos (Menezes et al., 2016). Os membros da família *Circoviridae* são formados por vírions icosaédricos, sem envelope e genoma DNA circular de fita simples (Tischer et al., 1974). O PCV2 pode ser transmitido de forma horizontal e vertical, sendo a oronasal a rota mais frequente de transmissão. O PCV2 é excretado nas fezes por até 13 dias após a infecção (Madec et al., 2008).

Os circovírus são extremamente estáveis sob condições ambientais, tendo sido encontrados em amostras de água de rio (Garcia et al., 2012), poços (Fongaro et al., 2015) e em regiões onde há alta concentração de suínos e utilização de dejetos de suíno (tratado e não tratado) como biofertilizante. Observou-se ainda que esses vírus não são inativados por processos convencionais de tratamento de efluentes da produção animal (Viancelli et al., 2013).

Dos modelos alternativos de vírus entéricos, o uso de bacteriófagos é considerado confiável para calcular níveis de sobrevivência de patógenos entéricos em processos de inativação química e biológica, como anaerobiose, aerobiose e com adição de desinfetantes (Carlander et al., 2000; Sahlström et al., 2008). Entre os bacteriófagos

mais estudados, destacam-se os pertencentes ao grupo dos colífagos somáticos, os RNA F-específicos (Carlander et al., 2000; Sahlström et al., 2008), podendo ser introduzidos artificialmente em matrizes ambientais ou ocorrer naturalmente.

Os colífagos somáticos (ex.: PhiX-174), os fagos que infectam *Bacteroides fragilis* (ex.: bacteriófago de GB-124) e os fagos F-específicos RNA (ex.: MS2) são conhecidos por serem mais resistentes aos tratamentos térmicos e químicos do que as bactérias e os vírus entéricos. Portanto, podem ser utilizados como padrões sanitários no reúso de águas que entrem em contato direto com humanos e animais e exigem controles sanitários mais rígidos (Bertrand et al., 2012). No entanto, cabe ressaltar que tal resistência dos bacteriófagos pode subestimar a eficiência dos sistemas de tratamentos de dejetos, quando apenas eles forem tomados como biomarcadores, bem como superestimar o risco sanitário no caso do reúso de efluentes na agricultura, como irrigações e fertilizações (Hernroth et al., 2002; Emmoth et al., 2011; Magri et al., 2013).

Fica assim evidente que a escolha dos biomarcadores sanitários e a eficiência esperada dos sistemas de tratamento devem ser cuidadosamente estudadas, no intuito de eleger as melhores práticas de reúso de efluentes da pecuária, considerando o cenário de exposição e o risco sanitário em relação à saúde humana, animal e ambiental.

Principais fatores de higienização de dejetos animais para fins de reúso

Os agentes patogênicos humanos e animais são normalmente inativados ao longo do tempo em razão de uma combinação de fatores, como pH, temperatura, umidade, teor de carbono, disponibilidade de nutrientes, comportamento antagônico microbiano, entre outros (Sidhu et al., 2001; Semenov et al., 2007). A taxa de inativação natural normalmente é lenta e pouco confiável, uma vez que não são controlados os diferentes fatores inerentes às mudanças ambientais, como os sazonais. Por esses motivos, o armazenamento e o tratamento controlado de excretas humanas e animais devem ser efetivamente realizados, já que se pode melhor quantificar os fatores de inativação e ainda controlar tais fatores (Sidhu et al., 2001; Semenov et al., 2007).

Entre os principais métodos utilizados para a redução de patógenos em efluentes da produção animal estão os seguintes:

- Químicos: consistem na adição de compostos alcalinos, como cinzas, cal, entre outros, os quais propiciam grandes benefícios nos tratamentos de excretas, minimizando o odor e a atração de insetos e roedores. A eficiência da sanitização por adição de compostos alcalinos deve-se principalmente à elevação do pH, mas a secagem das excretas contribui para o aumento dessa eficiência. A adição de CaO (cal) eleva o pH e aquece a excreta, permitindo atingir padrão de qualidade sanitária de lodo de classe A, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Usepa, do inglês United States Environmental Protection Agency).
- Biológicos: compostagem e biodigestão anaeróbia e aeróbia.
 - a) A biodigestão anaeróbia pode ocorrer em temperatura ambiente, mesofílica (37 °C) e termofílica (> 45 °C) (Kunz et al., 2009). É comum o tratamento de dejetos humanos e animais ocorrer em unidades biológicas de tratamento anaeróbio (reatores Uasb, do inglês *upflow anaerobic sludge blanket*), que têm a capacidade de gerar e armazenar biogás em seu processo; em biodigestores de lagoa coberta (BLCs); e em reatores que atuam em temperaturas controladas, de forma contínua ou descontínua, do tipo *continuous stirred tank reactor* (CSTR) (Kunz et al., 2009).
 - b) Os reatores aeróbios são indicados para tratamentos de efluentes pré-clarificados, com baixa carga orgânica. São indicados para promover principalmente a remoção de nutrientes. Além disso, são utilizados para promover o reaproveitamento de água residuária, porém pouco tem sido estudado sobre a capacidade de inativação de patógenos nos produtos gerados (Kunz et al., 2009; Viancelli et al., 2012).

Entre os fatores classicamente reconhecidos com potencial de inativação de patógenos entéricos, como temperatura, radiação solar (UV), variação de pH, turbidez, composição orgânica da matriz, presença de microrganismos predadores,

agregação entre os próprios microrganismos ou com partículas sólidas em suspensão, a temperatura é considerada o fator mais importante (Bertrand et al., 2012).

Em processos de higienização ou desinfecção de dejetos animais, o emprego de calor é realizado quando se pretende inativar os patógenos entéricos, pois, com a elevação da temperatura, há desnaturação de proteínas estruturais, inativação enzimática e desnaturação de ácidos nucleicos, o que impede irreversivelmente a replicação dos patógenos e evita que eles sejam reconhecidos pelos seus hospedeiros (Fong; Lipp, 2005).

O tempo de redução decimal (DT), que expressa o tempo necessário para redução de uma unidade logarítmica na concentração de células viáveis em dada temperatura (T), e o coeficiente térmico (z), que representa a diferença de temperatura necessária para a redução de uma unidade logarítmica no valor de DT, são parâmetros muito importantes a serem destacados durante o processo de inativação termal. Ambos estão relacionados com o grau de resistência ao calor de um determinado microrganismo em determinada matriz (Pecson et al., 2007; Wigginton et al., 2012).

O processo de formação de NH_3 é um fator importante na atuação biocida em dejetos. Sua formação ocorre pela degradação de nitrogênio (N) orgânico, gerando $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$. Esse processo é conhecido como mineralização de N. Posteriormente, a conversão de N orgânico para N inorgânico ocorre mediado pela hidrólise da ureia. Além de NH_3 , os carbonatos (CO_3^{2-}) formados pela decomposição da ureia também são reconhecidos por sua ação biocida (Chandran, 2009). Para que haja a conversão da amônia total presente naturalmente nos dejetos animais – íon amônio ($-\text{NH}_4^+$) –, há necessidade, portanto, de um pH que favoreça o deslocamento do equilíbrio químico até NH_3 , que possui ação biocida. Para otimizar esse processo, alguns alcalinizantes têm sido empregados, como as cinzas, as fontes alternativas de carbonato de cálcio (como conchas de ostras e cascas de ovos), a cal virgem e a ureia (Magri et al., 2013).

Desinfetantes baseados em sais de amônio possuem alta solubilidade não apenas em água, mas também em lipídios, o que facilita sua entrada e difusão pelas células, podendo atuar na desestabilização celular por meio da destruição de membranas e da desnaturação proteica (Bujozek, 2001), já que causa danos pela rápida

alcalinização do citoplasma celular. O mecanismo virucida de NH_3 raramente foi estudado, porém relata-se que há clivagem do material genético viral e pequenas alterações estruturais virais. Assim, os vírus podem ser impedidos de entrar na célula hospedeira e de replicar-se (Emmoth et al., 2011).

Análise quantitativa de risco microbiológico aplicada ao controle sanitário no reúso de efluentes animais

O processo de Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM) serve para estimar o risco de infecção, doença ou morte em decorrência da exposição a determinados agentes patogênicos. O início da aplicação dessa ferramenta ocorreu na década de 1980 pela Usepa. Para Haas et al. (2014), a AQRM é uma das formas para se avaliar o risco tolerável de infecção por patógenos presentes em águas de consumo, recreacionais, residuárias, em alimentos, no ar e em biossólidos.

O uso de tecnologias de tratamento que promovam o risco zero ou a higienização total dos efluentes acaba, muitas vezes, por inviabilizar o reúso, em razão dos elevados custos associados. Além disso, dentro desse mesmo paradigma, a adoção de normativas muito restritivas culmina por inviabilizar a prática.

Nesse contexto, algumas questões devem ser apontadas: Qual é o risco aceitável? Qual é o nível de tratamento requerido para efluentes, quanto à remoção de patógenos, para a prática de reúso “seguro”? As questões apontadas possuem respostas complexas, as quais devem estar associadas a particularidades, como o tipo de reúso aplicado, as condições de saúde da população exposta ao risco e as possíveis vias de exposição, citando somente alguns exemplos.

No intuito de elucidar essas questões, busca-se cada vez mais o uso de ferramentas e metodologias de avaliação de risco, entre as quais se destaca, no contexto do reúso de efluentes, a AQRM.

A metodologia de avaliação de risco relacionada à saúde humana foi publicada formalmente em 1986 no *Guidelines for Carcinogenic Risk Assessment*, da Usepa (Gerba, 2008).

Na AQRM, o risco é modelado matematicamente de acordo com uma relação equacional de dose ingerida x resposta do indivíduo exposto (Haas et al., 2014). Ao final, o risco é descrito como uma curva de probabilidades de infecção ou morte (que varia de 0-1% ou de 0-100%, observando-se que, uma vez havendo a exposição, o risco zero não existe).

Outra forma que vem sendo amplamente utilizada para apresentar o risco calculado é o tempo de vida perdido por morte prematura ou por períodos vividos com incapacidades por causa de doenças, o que é indicado pelo parâmetro Daly (do inglês *Disability Adjusted Life Years*).

O Daly tem ido amplamente utilizado por agências como a Organização Mundial de Saúde (OMS), a Usepa, e a agência australiana National Resource Management Ministerial Council (NRMMC), como parâmetro de risco para o estabelecimento de diretrizes sanitárias e ambientais. Em 2006, a OMS estabeleceu o padrão de 10^{-6} Dalys por pessoa por ano como o risco máximo aceitável, ou seja, a carga máxima tolerável de doença associada ao reúso de esgotos sanitários para irrigação. Em outras palavras, o risco é considerado aceitável se 1 ano de vida saudável é perdido em razão de doenças infecciosas entéricas, em uma população de 1 milhão de pessoas, durante um período de vida de 70 anos.

Para a aplicação da AQRM, é necessário seguir quatro passos (Rose et al., 2013): a) formulação do problema e obtenção de dados sobre os agentes de risco (patógenos); b) seleção ou construção dos modelos de dose-resposta a serem utilizados; c) aplicação nos cenários de exposição que devem ser também formulados; d) caracterização dos riscos aos indivíduos, comunidades e populações expostas.

Recentemente, diversos estudos têm aplicado a AQRM e avaliado os riscos associados ao reúso de efluentes em geral (Mok et al., 2014; Lim et al., 2017; Stevens et al., 2017). Por exemplo, o trabalho de Stevens et al. (2017) determinou os valores de redução decimal logarítmica que são necessários para o decréscimo na concentração de ovos de helmintos em dejetos de bovinos e suínos que seriam aplicados no solo. O estudo baseou-se no padrão recomendado de risco aceitável do *Australian*

Guidelines for Water Recycling (2006). Como resultado, seria necessária uma redução de três unidades logarítmicas para alcançar o padrão de 10^{-6} Dalys por pessoa por ano. Esse resultado foi utilizado na sequência, para determinação de novas equações para o dimensionamento de sistemas de tratamento do tipo lagoas de estabilização, visando à redução de, no mínimo, $3 \log_{10}$ de ovos de helmintos.

Conforme citado anteriormente, no Brasil a prática de reúso de efluentes em geral, incluindo os efluentes da produção animal, é realizada, na maioria dos casos, sem critérios.

Atualmente estão vigentes duas normativas relativas especificamente a esgotos sanitários, e a quantificação do risco não foi levada em consideração. A Norma Técnica Brasileira NBR/ABNT 13.969/97 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997) apresenta o reúso de forma muito tangencial, trazendo somente padrões para sólidos e coliformes. Por sua vez, a Resolução Conama nº 375/2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (2006), “define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados”. Esta última apresenta padrões microbiológicos para o reúso, que incluem bactérias do grupo coliformes, salmonelas, ovos de helmintos e vírus entéricos, além de substâncias orgânicas e inorgânicas. No entanto, a Resolução Conama nº 375/2006 deve ser avaliada criticamente por apresentar padrões baseados na realidade socioeconômica e ambiental (incluindo fatores geográficos e climáticos) de normas vigentes em outros países, como Estados Unidos, o que, muitas vezes, pode superestimar ou subestimar os riscos no contexto do Brasil. Nesse sentido, ressalta-se o potencial e a importância da inclusão de estudos de AQRM para o estabelecimento de novas diretrizes aplicáveis e condizentes com a realidade do País, citando-se a urgente demanda por diretrizes específicas para os efluentes oriundos da produção animal.

Considerações finais

O reúso de efluentes da produção animal é uma prática que vem ocorrendo no Brasil e em muitos países sem regulamentação formal nem critérios técnicos

definidos. Ressalta-se que a ausência de critérios não deve ser fator impeditivo para o processo, tendo em vista o elevado potencial agrônomo desses dejetos e do reúso de água.

Deve-se assim propor a redação de normativas e buscar a construção de legislação que contemple a realidade do País e a potencialidade dos efluentes e dos sistemas de tratamentos, considerando os fatores limitantes para o reúso dentro dos pilares indissociáveis do conceito de Saúde Única, que traduz a união indissociável entre saúde humana, animal e ambiental.

Referências

- AL-BADALI, F.; SHUHAIMI-OTHMAN, M. Water pollution and its impact on the prevalence of antibiotic-resistant *E. coli* and total coliform bacteria: a study of the Semenyih River, Peninsular Malaysia. **Water Quality, Exposure and Health**, n. 7, p. 319-330, Sept. 2015.
- ALFIERI, A. A.; ALFIERI, A. F.; TAKIUCHI, E.; LOBATO, Z. I. P. Reoviridae. In: FLORES, E. F. (Org.). **Virologia veterinária**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2007. p. 775-805.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING. **Managing health and environmental risks. Phase 1. National water quality management strategy 21**. Canberra: Natural Resource Management Ministerial Council, 2006.
- BAPTISTA, F. M.; DAHL, J.; NIELSEN, L. R. Factors influencing *Salmonella* carcass prevalence in Danish pig abattoirs. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 95, n. 3-4, 231-238, July 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.04.007>>. Acesso em: 18 set. 2018.
- BERTRAND, I.; SCHIJVEN, J. F.; SÁNCHEZ, G.; WYN-JONES, P.; OTTOSON, J.; MORIN, T.; MUSCILLO, M.; VERANI, M.; NASSER, A.; DE ROSA HUSMAN, A. M.; MYRMEL, M.; SELLWOOD, J.; COOK, N.; GANTZER, C. The impact of the temperature on the inactivation of enteric viruses in food and water: a review. **Journal of Applied Microbiology**, p. 1-16, Mar.

2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05267.x>>. Acesso em: 18 set. 2018.

BUJOZEK, G. **Influence of ammonia and other abiotic factors on microbial activity and pathogen inactivation during processing of high-solid residues**. 2001. These (Dissertation) – University of Manitoba, Manitoba. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1993/1981>>. Acesso em: 18 set. 2018.

CARLANDER, A.; ARONSSON, P.; ALLESTAM, G.; STENSTRO, M. T. A.; PERTTU, K. Transport and retention of bacteriophages in two types of willow-cropped lysimeters. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 35, n. 8, p. 1477-1492, Dec. 2000. DOI: 10.1080/10934520009377048.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Outbreak of *Escherichia coli* O104:H4 infections associated with sprout consumption Europe and North America, May/July 2011. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 62, n. 50, p.10291031, May-July 2013.

CHANDRAN, A.; PRADHAN, S. K.; HEINONEN-TANSKI, H. Survival of enteric bacteria and coliphage MS2 in pure human urine. **Journal of Applied Microbiology**, v. 107, n. 5, p. 1651-1657, Oct. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04353.x>>. Acesso em: 18 set. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução 375 de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, DF: MMA, 2006.

DICKIN, S. K.; SCHUSTER-WALLACE, C. J.; QADIR, M.; PIZZACALLA, K. A review of health risks and pathways for exposure to wastewater use in agriculture. **Environmental health perspectives**, v. 124, n. 7, p. 900, 2016.

ELMAHDY, E. M.; FONGARO, G.; SCHISSI, C. D.; PETRUCIO, M. M.; BARARDI, C. R. M. Enteric viruses in surface water and sediment samples from the catchment area of Peri Lagoon, Santa Catarina State, Brazil. **Journal of water and health**, n. 14, 1, p. 142-154, Aug. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wh.2015.295>>. Acesso em: 18 set. 2018.

EMERSON, S. U.; PURCELL, R. H. Hepatitis E virus. **Reviews in Medical Virology**, v. 13, p. 145-154, 2003. DOI: 10.1002/rmv.384.

EMMOTH, E.; OTTOSON, J.; ALBIHN, A.; BELÁK, S.; VINNERÅS, B. Ammonia disinfection of hatchery waste for elimination of single-stranded RNA viruses. **Applied Environmental Microbiology**, v. 77, p. 3960-3966, 2011. DOI: 10.1128/AEM.02990-10.

ESTES, M.; GREENBERG, H. B. Rotaviruses. In: KNIPE, D. M.; HOWLEY, P. (Ed.). **Fields virology**. Philadelphia: Wolters Kluwer Health: Lippincott Williams & Wilkins, 2013. p. 1347-1395.

FAO. **The state of food and agriculture: innovation in family farming**. Rome, 2014. 161 p.

FONG, T. T.; LIPP, E. K. Enteric viruses of human and animals in aquatic environments: health risks, detection, and potential water quality assessment tools. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 69, n. 2, p. 357-371, 2005. DOI: 10.1128/MMBR.69.2.357-371.2005.

FONGARO, G.; KUNZ, A.; MAGRI, M. E.; SCHISSI, C. D.; VIANCELLI, A.; PHILIPPI, L. S.; BARARDI, C. R. M. Settling and survival profile of enteric pathogens in the swine effluent for water reuse purpose. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 219, n. 8, p. 883-889, 2016.

FONGARO, G.; PADILHA, J.; SCHISSI, C. D.; NASCIMENTO, M. A.; BAMPI, G. B.; VIANCELLI, A.; BARARDI, C. R. M. Human and animal enteric virus in groundwater from deep wells, and recreational and network water. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 24, 20060-20066, 2015.

FONGARO, G.; VIANCELLI, A.; MAGRI, M. E.; ELMAHDY, E. M.; BIESUS, L. L.; KICH, J. D.; KUNZ, A.; BARARDI, C. R. Utility of specific biomarkers to assess safety of swine manure for biofertilizing purposes. **Science Total Environment**, v. 479-480, p. 227-283, May 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.004>>. Acesso em: 18 set. 2018.

GARCIA, L. A. T.; VIANCELLI, A.; RIGOTTO, C.; PILOTTO, M. R.; ESTEVES, P. A.; KUNZ, A.; BARARDI, C. R. M. Surveillance of human and swine adenovirus, human norovirus and swine circovirus in water samples in Santa Catarina, Brazil. **Journal Water Health**, v. 10, n. 3, p. 445-452, 2012.

GERBA, C.P. Risk assessment. In: MAIER, R. N.; PEPPER, I. L.; GERBA, C. P. **Environmental Microbiology**. 2nd ed. Burlington: Academic Press/Elsevier, 598 p. 2008.

GILLMAN, L. **Virus entéricos en aguas de uso recreacional en un contexto de escasa cobertura de saneamiento en Barros Blancos, Canelones, Uruguay**. Montevideo, 2016. Disponível em: <<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/10173/1/uy24-18381.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2018.

GRIFFITH, R. W.; SCHWARTZ, K. J.; MEYERHOLZ, D. K. Salmonella. In: STRAW, B. E.; ZIMMERMAN, J. J.; D'ALLAIRE, S.; TAYLOR, D. J. (Ed.). **Diseases of Swine**. [S.l.]: Blackwell Publishing, 2006. p. 739-751.

HAAS, C.; ROSE, J.; GERBA, C. **Quantitative microbial risk assessment**. New York: John Wiley & Sons, 2014. 440 p.

HERNROTH, B. E.; CONDÉN-HANSSON, A. C.; REHNSTAN-HOLM, A. S.; GIRONES, R.; ALLARD, A. K. Environmental factors influencing human viral pathogens and their potential indicator organisms in the blue mussel, *mytilus edulis*: the first Scandinavian report. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 68, p. 4523-4533, 2002. DOI: 10.1128/AEM.68.9.4523-4533.2002.

HUNDESA, A.; MOTES, M. de; ALBINANA-GIMENEZ, N. C.; RODRIGUEZ-MANZANO, J.; BOFILL-MAS, S.; SUÑEN, E.; GIRONES, R. Development of a qPCR assay for the quantification of porcine adenoviruses as an MST tool for swine fecal contamination in the environment. **Journal of Virological Methods**, v. 158, n. 1-2, p.130-135, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2009.02.006>>. Acesso em: 18 set. 2018.

KLUGE, M.; FLECK, J. D.; SOLIMAN, M. C.; LUZ, R. B.; FABRES, R. B.; COMERLATO, J.; OLIVEIRA, A. B. Human adenovirus (HAdV), human enterovirus (hEV), and genogroup A rotavirus (GARV) in tap water in southern Brazil. **Journal of Water and Health**, v. 12, n. 3, p. 526-532, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wh.2014.202>>. Acesso em: 18 set. 2018.

KOOPMANS, M.; BONDDORFF, C. H.; VINJE, J.; MEDICI, D.; MONROE, S. Foodborne viruses. **Federation of European Microbiological Societies: Microbiology Review**, v. 26, n. 2, p. 87-205, 2002. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2002.tb00610.x.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource technology**, n. 100, 22, p. 5485-5489, Nov. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.039>>. Acesso em: 18 set. 2018.

LEAL, D. A. G.; RAMOS, A. P. D.; SOUZA, D. S. M.; DURIGAN, M.; GREINERT-GOULART, J. A.; MORESCO, V.; AMSTUTZ, R. C.; MICOLI, A. H.; CANTUSIO NETO, R.; BARARDI, C. R. M.; FRANCO, R. M. B. Sanitary quality of edible bivalve mollusks in southeastern Brazil using an U.V. based depuration system. **Ocean Coastal Management**, v. 72, p. 93-100, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.07.010>>. Acesso em: 18 set. 2018.

LIM, K.Y.; WU, Y.; JIANG, S. C. Assessment of Cryptosporidium and norovirus risk associated with de facto wastewater reuse in Trinity River, Texas. **Microbial Risk Analysis**, v. 5, p. 15-24, April 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mran.2016.11.002>>. Acesso em: 18 set. 2018.

MADEC, F.; ROSE, N.; GRASLAND, B.; CARIOLET, R.; JESTIN, A. Post-weaning multisystemic wasting syndrome and other PCV2-related problems in pigs: a 12-year experience. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 55, p. 273-283, July 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2008.01035.x>>. Acesso em: 18 set. 2018.

MAGRI, M. E.; PHILIPPI, L. S.; VINNERÅS, B. Inactivation of pathogens in feces by desiccation and urea treatment for application in urine-diverting dry toilets. **Applied Environmental Microbiology**, v. 79, n. 7, p. 2156-2163, 2013. DOI: 10.1128/AEM.03920-12.

MASUKAWA, M. D. L. T.; SOUZA, E. M. D.; GIMENES, E.; UCHIMURA, N. S.; MORIWAKI, A. M.; UCHIMURA, T. T. Time series investigation of changes in seasonality of acute diarrhea hospitalizations before and after rotavirus vaccine in Southern Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, n. 32, n. 10, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00080515>. Acesso em: 18 set. 2018.

MENEZES CRUZ, A. C. de; SILVEIRA, R. L.; BAEZ, C. F.; VARELLA, R. B.; DE CASTRO, T. X. Clinical aspects and weight gain reduction in swine infected with porcine circovirus type 2 and torque teno sus virus in Brazil. **Veterinary Microbiology**, v. 195, p. 154-157, 2016.

MOK, H. F.; BARKER, S. F.; HAMILTON, A. J. A probabilistic quantitative microbial risk assessment model of norovirus disease burden from wastewater irrigation of vegetables in

Shepparton, Australia. **Water Research**, v. 54, p. 347-362, 2014. Disponível em: DOI:10.1016/j.watres.2014.01.060. Acesso em: 18 set. 2018

NGUYEN-VIET, H.; PHAM-DUC, P.; NGUYEN, V.; TANNER, M.; ODERMATT, P.; VU-VAN, T. A One Health perspective for integrated human and animal sanitation and nutrient recycling. In: ZINSSTAG, J.; SCHELLING, E.; WALTNER-TOEWS, D.; WHITTAKER, M.; TANNER, M. (Ed.). **One health: the theory and practice of integrated health approaches**. Boston: Cabi, 2015. p. 96-107.

PECSON, B. M.; BARRIOS, J. A.; JIMENEZ, B. E.; NELSON, K. L. The effects of temperature, pH, and ammonia concentration on the inactivation of *Ascaris* eggs in sewage sludge. **Water Research**, v. 41, n. 13, p. 2893-2902, 2007.

QUILÈS, F.; BALANDIER, J.-Y.; CAPIZZI-BANAS, S. In situ characterisation of a microorganism surface by Raman microspectroscopy: the shell of *Ascaris* eggs. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 386, n. 2, p. 249-255, 2006.

ROBERTS, B. N.; BAILEY, R. H.; MCLAUGHLIN, M. R.; BROOKS, J. P. Decay rates of zoonotic pathogens and viral surrogates in soils amended with biosolids and manures and comparison of qPCR and culture derived rates. **Science of The Total Environment**, v. 573, p. 671-679, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.088>>. Acesso em: 18 set. 2018.

ROSE, J. B.; GURIAN, P. L.; HAAS, C. L.; EISENBERG, J.; KOOPMAN, J.; NICAS, M.; SHIBATA, T.; WEIR, M. H. **Theory and practice of quantitative microbial risk assessment: an introduction**. Michigan: Center for Advancing Microbial Risk Assessment/CAMRA, 2013. 146 p.

SAHLSTRÖM, L.; BAGGE, E.; EMMOTH, E.; HOLMQVIST, A.; DANIELSSON-THAM, M.-L.; ALBIHN, A. A laboratory study of survival of selected microorganisms after heat treatment of biowaste used in biogas plants. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 16, p. 7859-7865, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.071>>. Acesso em: 18 set. 2018.

SALINES, M.; ANDRAUD, M.; ROSE, N. From the epidemiology of hepatitis E virus (HEV) within the swine reservoir to public health risk mitigation strategies: a comprehensive review. **Veterinary research**, v. 48, n. 1, 31, May 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13567-017-0436-3>>. Acesso em: 18 set. 2018.

SEMENOV, A. V.; BRUGGEN, A. H. van; OVERBEEK, L. van; TERMORSHUIZEN, A. J. SEMENOV, A. M. Influence of temperature fluctuations on *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in cow manure. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 60, n. 3, p. 419-428, June 2007.

SIDHU, J.; GIBBS, R. A.; HO, G. E.; UNKOVICH, I. The role of indigenous microorganisms in suppression of salmonella regrowth in composted biosolids. **Water Research**, v. 35, n. 4, p. 913-920, 2001.

STEVENS, D. P.; SURAPANENI, A.; THODUPUNURI, R.; O'CONNOR, N. A.; SMITH, D. Helminth log reduction values for recycling water from sewage for the protection of human and stock health. **Water Research**, v. 125, p. 501-511, 2017.

TISCHER, I.; RASCH, R.; TOCHTERMANN, G. Characterization of papovavirus and picornavirus like particles in permanent pig kidney cell lines. **Zentralbl Bakterio Orig A**, v. 226, n. 2, p. 153-167, 1974.

URGENT advice on the public health risk of Shigatoxin producing *Escherichia coli* in fresh vegetables. **European Food Safety Authority**, n. 9, v. 6, p. 2274, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2274>>. Acesso em: 18 set. 2018.

VIANCELLI, A.; GARCIA, L. A. T.; SCHIOCHETM, K. A.; STEINMETZ, R.; CIACCI-ZANELLA, J. R. Culturing and molecular methods to assess the infectivity of porcine circovirus from treated effluent of swine manure. **Research in Veterinary Science**, v. 93, n. 3, p. 1520-1524, 2012.

VIANCELLI, A.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; KICH, J. D.; SOUZA, C. K.; CANAL, C. W.; BARARDI, C. R. M. Performance of two swine manure treatment systems on chemical composition and on the reduction of pathogens. **Chemosphere**, v. 90, n. 4, p. 1539-1544, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.08.055>>. Acesso em: 18 set. 2018.

WIGGINTON, K.; PECSON, B.; SIGSTAM, T. Virus inactivation mechanisms: impact of disinfectants on virus function and structural integrity. **Environmental Science Technology**, v. 46, p.12069-12078, Oct. 2012.

WONG, J. W. C. SELVAN, A. Reduction of indicator and pathogenic microorganisms in pig manure through fly ash and lime addition during alkaline stabilization. **Journal of Hazard Materials**, v. 169, p. 882-889, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**: Volume II - wastewater use in agriculture. Geneva, 2006.

YANG, Z.; CHAMBERS, H.; DICAPRIO, E.; GAO, G.; LI, J. Internalization and dissemination of human norovirus and Tulane virus in fresh produce is plant dependent. **Food Microbiology**, v. 69, p. 25-32, 2017.

ZANELLA, J. R. C.; MORES, N. Diagnostic of post-weaning multisystemic wasting syndrome (pmws) in swine in brazil caused by porcine circovirus type 2 (PCV2). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, p. 522-527, 2003.