Leandro d'Arc Moretti

Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia: estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no estado de São Paulo

São Paulo
2013

Leandro d’Arc Moretti

Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia: estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no estado de São Paulo

São Paulo
2013

Leandro d’Arc Moretti

Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia: estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no estado de São Paulo

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Epidemiologia Experimental e Aplicada às Zoonoses da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Departamento:

Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal

Área de concentração:

Epidemiologia Experimental e Aplicada às Zoonoses

Orientador:

Profa. Dra. Evelise Oliveira Telles

São Paulo
2013

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

BIBLIOTECA VIRGINIE BUFF D'ÁPICE
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
E ZOOTECNIA DA USP

28/1/13

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia da
Universidade de São Paulo)

T.2753
FMVZ

Moretti, Leandro d'Arc

Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia: estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no estado de São Paulo / Leandro d'Arc Moretti. -- 2013.

345 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, São Paulo, 2013.

Programa de Pós-Graduação: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.

Área de concentração: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.

Orientador: Profa. Dra. Evelise Oliveira Telles.

1. Controle-de-resíduos. 2. Metais-pesados. 3. Dados-públicos. 4. Estudos-ecológicos. 5. Governança. I. Título.

Comissão de Ética no uso de animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia: estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no Estado de São Paulo", protocolado sob o nº 2647/2012, não utilizando animais, sob a responsabilidade da Profa. Dra. Evelise Oliveira Telles, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética no uso de animais" da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 16/5/2012.

We certify that the Research "Integration between public access data, the epidemiology and The National Control Plan for Residues/ Contaminants (PNCRC): a framework proposal based on an ecologic study of risk factors for heavy metal contamination in slaughtered cattle at São Paulo State, Brazil", protocol number 2647/2012, not using animals, under the responsibility Profa. Dra. Evelise Oliveira Telles, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 5/16/2012.

São Paulo, 17 de maio de 2012.

Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: MORETTI, Leandro d'Arc

Título: **Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia:** estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no estado de São Paulo

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Epidemiologia Experimental e Aplicada às Zoonoses da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof(a).Dr(a)._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof(a).Dr(a)._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof(a).Dr(a)._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof(a).Dr(a)._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof(a).Dr(a)._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

DEDICATÓRIA

Quanto de inspiração, caráter, admiração e respeito?

Gostaria que isso bastasse...

Duas frases, como todas, serão sempre pequenas restando-nos a imensidão das entrelinhas, melhores intenções decepcionantes e o silêncio

... “Para” sempre o silêncio

Ao meu saudoso Digby Arrhenius d’Arc (*in memoriam*)...

O importante deve ser reconhecido e priorizado, mesmo se difícil, ressaltando o valor a perseguir...

Da sua força, senti a garra e peguei o gosto de aprendiz a não deixar desfazer, com personalidade intransigente à lição dada não ser estudada ou à brincadeira vir antes do cumprimento do dever.

Isto parece um plano...

Como somos parecidos!

À “Mãe” Ligia de Castro Alves Moretti, pela sabedoria da inspiração em honra, responsabilidade, persistência, clareza, coragem, paciência, atenção, dedicação, simultaneamente à cortesia, afeto, alegria e amizade, que em conjunto constituem seu dom motivado por um amor incondicional à causa chamada “nossa família”

A memória esparsa fragmenta os exemplos em valores aplicados. Acho que não preciso dizer mais nada...

...a não ser que são inescapáveis

Ao “Pai” Luciano D’Arc Moretti (*in memoriam*)

Esvaem-se as palavras na sua presença em manifestação reverente.

À minha sempre amada esposa Cristina Brito, sem você nada teria a menor importância!

Ao meu eterno melhor amigo André Luiz Martins Fabbro, por sempre estar presente nestes 29 anos de convivência, que esta lhe seja uma homenagem à altura

Ao Vô Moretti (*in memoriam*) e à Vó Alzira (*in memoriam*) pelas lembranças de uma infância promissora e calorosa, que direcionou a busca de ideais válidos e a construção de uma caminhada mais sóbria e coerente

Dedico este trabalho especialmente aos animais, já que em suas várias formas de atuação conjunta ao ser humano possibilitam uma existência mais suave à humanidade, aceitando humildemente os desígnios que lhes são dados e para os quais, portanto, temos o dever moral de oferecer o que possuímos de melhor

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Cristina pela gentileza sóbria com que sempre persiste a enxergar meu lado bom; por tolerar dificuldades torturantes de atenção desviada, com a brandura de seus comentários; por seus conselhos incentivantes e por me devolver a objetividade nas várias ocasiões em que esta me abandona. Posso, sem qualquer dúvida, dizer que lhe devo a inspiração para trato de todas as questões em que penso e por isso é necessário lhe localizar no topo da minha dívida de gratidão para realização deste trabalho. Obrigado.

A minha mãe Lígia, ao meu amigo André e a minha irmã Luciana pela paciência em suportar uma convivência reticente nestes vários anos de ausências embrenhadas em aprofundamento nas ciências da Medicina Veterinária.

Ao “espírito de inconformismo” por equilibrar e dar simetria às coisas, ao sempre me levar à maximização de empenho na busca de respostas mais confiáveis do que a simples intuição. Não basta acreditar é preciso saber com credibilidade.

À Professora Dra. Evelise Oliveira Telles por ter aceito tomar a minha orientação, mesmo sabendo das dificuldades inerentes à conciliação do trabalho de doutorado com minhas atividades profissionais no SIPOA/SP. Muito obrigado.

À Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), na pessoa do Engenheiro Agrônomo Daniel P. S. Kramer e ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), na pessoa do Dr. Marcelo Morgano, por terem prontamente respondido a questionamentos-chave na avaliação da plausibilidade das variáveis identificadas como fatores de risco para contaminações por metais pesados.

Aos Professores Dr. Fernando Ferreira, Dra. Evelise Telles do VPS/FMVZ-USP e ao Dr. Marcelo Morgano do ITAL pela participação na banca do exame de qualificação, pelas valiosas sugestões para condução ao término desta tese.

Aos colegas Fiscais Federais Agropecuários MV Rodrigo Dantas e MV Heber Brenner pelo entusiasmo com que acolheram a ideia de utilizar estudos epidemiológicos como incremento às ações de gerenciamento de risco do PNCR. Agradeço, especialmente, ao Coordenador de Resíduos e Contaminantes da SDA/MAPA, meu Xará FFA MV Leandro Diamantino Feijó a quem considero um verdadeiro amigo. Sou grato ao acesso à base de dados deste trabalho e, sobretudo, por sempre ter fornecido todo empenho e apoio institucional possíveis, compartilhando da inquietação por um Estado munido de ferramentas capazes de promover a cidadania ao empregar a ciência e a técnica, nos mais modernos sistemas de controle da inocuidade de alimentos.

Ao Dr. Marcelo Bonnet da Embrapa-Gado de Leite a quem tenho enorme dívida de gratidão por vários fatores: pela disposição em auxiliar nas etapas iniciais de extração de dados; pelos conselhos quanto à definição de hipóteses; pela prontidão em aceitar ser meu co-orientador e preocupar-se em continuar tal participação mesmo com a não formalização desta proposta em decorrência de alguns procedimentos administrativos impedientes; pelos comentários inspiradores a

respeito do triângulo virtuoso da transformação de dados em informações e destas em conhecimento para basear uma governança inteligente, que também depende de estratégias de ilustração do custo da inação ao Gestor de risco; por compartilhar da inquietação por um Estado dotado de sistemas que demonstrem o controle de risco químico em alimentos e por acreditar numa proposta de ampliação da plataforma de gerenciamento de risco calcada em estudos epidemiológicos aplicáveis às etapas de criação animal.

À Dra. Sônia Ternes da Embrapa Informática Agropecuária; à Dra. Elisabeth Gonçalves da Embrapa Agroindústria de Alimentos e também à Prof. Dra. Marilde Santos da UFSCar e ao MSc. Walter Coelho da Embrapa-Gado de Leite pela disposição em auxiliar na abordagem inicial para extração de dados.

Ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pela concessão de licença-capacitação (processo 21052.009348/2012-79), utilizada na fase crítica de finalização das análises estatísticas e redação de parte substancial desta tese.

Ao colega Fiscal Federal Agropecuário e Chefe do Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SIPOA) no estado de São Paulo MV Rafael Olivieri Filipputti pela amizade e apoio institucional, por possibilitar compensação de horários de trabalho no período-chave de composição da tese e pelo empenho conciliador demonstrado nos trâmites para concessão da licença-capacitação.

Ao colega Fiscal Federal Agropecuário e Superintendente Federal de Agricultura no estado de São Paulo Dr. José Tadeu de Faria pelo empenho demonstrado durante os trâmites da licença-capacitação.

Aos colegas FFAs do SIPOA/SP pela paciência em tolerar doses inaceitáveis de humor alterado e ausências sociais durante o período 2009-2012, com especial menção ao MV Luiz Carlos Teixeira de Souza Jr., Gestor substituto do PNCRC/SP entre 2010-2011 com quem compartilhei parte da inquietação por uma plataforma de gerenciamento de risco mais adequada a controlar os problemas abaixo da ponta do “iceberg” que representa as violações do PNCRC.

Agradeço especialmente à colega do SIPOA/SP e amiga Sra. Ombretta Morini por sempre se interessar pelos progressos da tese, o que em meio a desânimos inerentes ao longo trajeto de doutorado, conduzido simultaneamente às atividades de fiscalização do Serviço de Inspeção Federal, serviu muitas vezes de injeção de estímulo para encaminhar a objetividade necessária ao término do trabalho.

Aos professores Dr. José Eluf Neto da Faculdade de Medicina da USP e Dra. Maria do Rosário de Oliveira Latorre da Faculdade de Saúde Pública da USP, pelo acolhimento em suas disciplinas no período de doutorado.

Ao Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Pereira, da Faculdade de Saúde Pública da USP pela profunda inspiração conceitual em bioestatística, teoria da ciência e definição de métricas como estratégia de contemplação da realidade, com influente impacto filosófico em todo este trabalho. Meu sincero agradecimento.

Aos professores do VPS/FMVZ-USP que conviveram comigo neste período de doutorado, Evelise Telles, Fábio Gregori, Fernando Ferreira, Fumio Ito, José Soares (Zezé), Leonardo Richtzenhain, Marcelo Labruna, Marcos Amaku, Paulo Brandão, Sílvio Vasconcellos, Ricardo Dias, Rodrigo Soares, Simone Balian e Solange Gennari, pela amizade e ensinamentos.

Aos colegas das disciplinas de Bioestatística e Modelos de Regressão da Faculdade de Saúde Pública e ainda da disciplina de Seminários de Epidemiologia da Faculdade de Medicina pela convivência e às colegas de residência em Enfermidades Infecciosas dos Animais da FMVZ/UNESP-Botucatu, contemporâneas do curso de doutorado no VPS e minhas amigas Tatiana Evelyn Hayama Ueno, Vanessa Riesz Salgado e também às amigas do VPS/FMVZ/USP Iara Silveira e Leslie Almeida.

Agradeço à colega de VPS Aline Guilloux pela geração dos mapas da distribuição nacional de contaminantes inorgânicos em bovinos.

À Deise, à Joana e à Cláudia do Serviço de Pós-graduação da FMVZ/USP pela cordialidade nos trâmites de ingresso no curso de doutorado.

À Sra. Elza Faquim e à Sra. Neusa Habe da biblioteca Virginie Buff D'Apice pelo apoio na fase de normalização do trabalho.

Aos amigos do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, Maria Cristina Paick, Ana Virgínia Prado pela colaboração em várias questões administrativas e especialmente ao Danival Lopes Moreira pela paciência durante os trâmites do exame de qualificação.

À Universidade de São Paulo, nas pessoas dos professores Fernando Ferreira, Rodrigo Soares e Evelise Telles pela oportunidade do curso de doutorado na fase de admissão.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e à Universidade Estadual Paulista (UNESP/Botucatu) por me darem base e diretriz necessárias à trilhagem neste curso de doutorado em epidemiologia.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento do período de doutorado.

Escapa-me a sutileza do juízo reinante na loucura, para ganhar a sabedoria da lenta sucessão dos fatos sob exame, já que imiscuída na penumbra fica a ambiguidade de sensações, depauperantes por não se tornarem a manifestação do pensamento e ao mesmo tempo pungentes em direcionar a conduta
(Leandro d’Arc Moretti)

RESUMO

MORETTI, L. d'ARC. **Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia:** estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no estado de São Paulo. [Integrated approach between public access data, the epidemiology and the Brazilian National Control Plan for Residues and Contaminants (PNCRC): a framework proposal based on an ecological study of risk factors for heavy metal contamination in slaughtered cattle at São Paulo State, Brazil]. 2013. 345 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Os dados do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) foram utilizados para identificação de áreas geográficas de ocorrência preferencial de níveis baixos de metais pesados em bovinos abatidos, no período 2002 a 2010. Critérios de inclusão definiram o período 2006 a 2010 como base para identificação de fatores de risco, ao que a distribuição de contaminações registradas pelo PNCRC é apresentada em mapas temáticos individuais para cada ano. Avaliou-se o efeito de risco das concentrações reduzidas (detecções) na ocorrência de extrapolação aos limites legais máximos (violações) no estado de São Paulo. Foram estabelecidos modelos de tendência para detecções de metais pesados nas unidades federativas e no conjunto nacional. As categorias de resultados de cada bovino amostrado (resultado negativo, detecção, violação) foram utilizadas para dividir o banco de dados em áreas de ocorrência e não ocorrência mutuamente exclusiva de arsênio (detecções) e também de chumbo e cádmio (detecções+violações) no estado de São Paulo. Gerou-se um estudo ecológico considerando cada município como unidade de análise, utilizando-se as categorias de resultados do PNCRC como variável “doença” e como fator de exposição as categorias (mediana ou tercis) dos fatores produtivos do Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária, fornecidos pela Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo. A modelagem de regressão logística múltipla permitiu identificar variáveis que aumentam o risco de contaminações no contexto ecológico, demonstrando ser possível integrar dados do PNCRC com outras bases de dados públicas.

Os fatores identificados devem ser utilizados por novos estudos com delineamento propício a avaliar o efeito de risco em propriedades individuais antes que se proponham ações preventivas específicas aos animais e seus locais de criação. Propõe-se a implantação de um sistema de vigilância epidemiológica para o PNCRC como maneira de definir metodologia objetiva para acompanhar seus resultados juntamente com o do monitoramento de fatores produtivos das propriedades rurais. Esta proposta pretende fornecer um formato de subsídios baseado na ciência, no sentido de municiar as decisões de gerenciamento de risco. Enfatiza-se a necessidade de sistemas informatizados para integração de dados que possam ser estudados como fator de exposição aos achados do PNCRC, o que se prevê como vanguarda aos sistemas de inspeção baseada em risco e que poderão habilitar os governos a darem foco à antecipação/resolução de crises de saúde pública e de comércio internacional. Reitera-se a necessidade de definir escopo objetivo de fatores produtivos a serem monitorados pelos serviços de defesa agropecuária, no âmbito dos programas de boas práticas agrícolas. Tendo-se em vista o destaque do Brasil no cenário global de fornecimento de alimentos de origem animal e a relevância crescente da demonstração de controle dos quesitos técnicos com contexto em potenciais barreiras sanitárias, abordagens no âmbito deste trabalho são promissoras em respaldar a sustentabilidade do agronegócio nacional, uma vez que se relacionam com a atualização da plataforma de gerenciamento dos controles técnicos necessários às etapas do *continuum* produtivo.

Palavras-chave: Controle-de-resíduos. Metais-pesados. Dados-públicos. Estudos-ecológicos. Governança.

ABSTRACT

MORETTI, L. d'ARC. **Integrated approach between public access data, the epidemiology and the Brazilian National Control Plan for Residues and Contaminants (PNCRC):** a framework proposal based on an ecological study of risk factors for heavy metal contamination in slaughtered cattle at São Paulo State, Brazil. [Uma proposta de integração entre dados de acesso público, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e a epidemiologia: estudo ecológico dos fatores de risco para contaminação de bovinos por metais pesados selecionados no estado de São Paulo]. 2013. 345 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

The National Control Plan for Residues and Contaminants (PNCRC) was searched to identify preferential geographic areas for occurrence of low levels of heavy metals in cattle slaughtered in the period 2002-2010. Period 2006-2010 enables the identification of risk factors and presents the contamination distribution by means of thematic maps for each individual year. Trend analysis was carried out for heavy metals in federative units and in the National setting. The category of results for each sampled animal (negative, detection, violation) ensures database division into mutually exclusive areas with occurrence and non-occurrence of arsenic (detections) and also of lead and cadmium (detections+violations). The effect of the low concentrations (detections) on the risk of extrapolation to the maximum legal limits (violations) was evaluated in the state of São Paulo. An ecological study was done considering each county as an analysis unit: PNCRC results depict the "disease status" variable while the productive factors (tertiles or median) the exposure ones. The crude variables for the latter were provided by the Secretariat of Agriculture of São Paulo state. Multiple logistic regression modeling allowed to recognition of variables that increase the risk of contamination in the ecological context, demonstrating that PNCRC integration with other public databases is in fact possible. The "clues" of ecological risk factors should be used as a direction to further studies to evaluate the effect on individual farms before specific preventive measures can be made for animals and their rearing sites. There is a surveillance system proposal for PNCRC as way of defining objective methodology to

track their results along with the monitoring of performance in the rearing procedures at the farm, thus entailing a framework based on science as a guide for risk management decisions. This study emphasizes the need of computerized systems for data integration and as a tool for evaluate the findings of PNCRC in the light of exposure factors, which is expected by the vanguard inspection systems based on risk with reliance in anticipation / resolution of public health crisis and international trade contentions by governments. There is a need to define the scope of objective production factors to be monitored by animal health services under the programs intending good agricultural practices. The approach of this study is suitable for enhance Brazilian position in terms of agribusiness sustainability by means of an update in the platform for control management relevant in the technical barriers context on each step of the productive *continuum*.

Keywords: Residues-control. Heavy-metals. Public-data. Governance. Ecological-studies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Diagnóstico de ajuste do modelo preditivo das contaminações por chumbo em bovinos, conforme caso-específico (esquerda) e destaque dos 5 casos menos ajustados. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	167
Gráfico 1 -	Contagem de detecções por metal pesado em bovinos abatidos entre 2002-2005 e 2006-2010. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	73
Gráfico 2 -	Tamanho “n” de amostra definida pelo SISRES para bovinos abatidos por tipo de contaminante inorgânico. São Paulo (esquerda) e Brasil (direita). PNCRC, 2002 – 2010.....	74
Gráfico 3 -	Variação nas concentrações de chumbo (ppb) entre os resultados de contaminação (detecções + violações) em bovinos abatidos, por regional administrativa. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	88
Gráfico 4 -	Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	89
Gráfico 5 -	Distribuição de concentrações de chumbo superiores a 10 ppb em bovinos abatidos entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	90
Gráfico 6 -	Distribuição de concentrações de chumbo superiores a 150 ppb em bovinos abatidos entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	91
Gráfico 7 -	Distribuição de concentrações de chumbo superiores a 200 ppb em bovinos abatidos entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	92
Gráfico 8 -	Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, por UTRA, considerando exclusivamente resultados superiores a 10 ppb. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	93

Gráfico 9 -	Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, por UTRA, considerando exclusivamente resultados superiores a 150 ppb. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	94
Gráfico 10 -	Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, por UTRA, considerando exclusivamente resultados superiores a 200 ppb. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	95
Gráfico 11 -	Variação nas concentrações de cádmio (ppb) entre os resultados de contaminação (detecções + violações) em bovinos abatidos por regional administrativa. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	96
Gráfico 12 -	Variação nas concentrações de arsênio (ppb) entre os resultados de contaminação (detecções + violações) em bovinos abatidos por regional administrativa. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	97
Gráfico 13 -	Total anual de resultados de não quantificação, detecção e violação para metais pesados em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	98
Gráfico 14 -	Total anual de resultados de não quantificação, detecção e violação para metais pesados em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	98
Gráfico 15 -	Distribuição do total de detecções anuais de arsênio por UF e total. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	105
Gráfico 16 -	Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	108
Gráfico 17 -	Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	117
Gráfico 18 -	Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	126

Gráfico 19 -	Ajuste cúbico (modelo: $1,135+0,089*seqc-0,042*seqc2+0,002*seqc3$) para o total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos. Acre (PNCRC), 2006 – 2010.....	135
Gráfico 20 -	Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bo- vinos abatidos, por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	142
Gráfico 21 -	Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bo- vinos abatidos, por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	146
Gráfico 22 -	Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bo- vinos abatidos, por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	149
Gráfico 23 -	Características da operação do receptor (curva ROC) para detecções de arsênio em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	156
Gráfico 24 -	Análise de resíduos da probabilidade de detecções de arsênio em bovinos abatidos, estimada por modelo logístico. São Pau- lo (PNCRC), 2006 – 2010.....	157
Gráfico 25 -	Características da operação do receptor (curva ROC) para detecções de arsênio em bovinos abatidos, utilizando-se os tercis de posec, pocon e as medianas de pogin e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	158
Gráfico 26 -	Características da operação do receptor (curva ROC) para detecções de arsênio em bovinos abatidos, utilizando-se os tercis de posec, pogin e as medianas de pocon e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	160
Gráfico 27 -	Características da operação do receptor (curva ROC) para contaminações de chumbo em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	165
Gráfico 28 -	Análise de resíduos da probabilidade de contaminações por chumbo em bovinos abatidos, estimada por modelo logístico. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	166

Gráfico 29 -	Características da operação do receptor (curva ROC) para contaminações de chumbo em bovinos abatidos para o modelo do quadro 16. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	170
Gráfico 30 -	Características da operação do receptor (curva ROC) para contaminações de cádmio em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	173
Gráfico 31 -	Análise de resíduos da probabilidade de contaminações por cádmio em bovinos abatidos, estimada por modelo logístico. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	174
Gráfico 32 -	Comparação das características da operação do receptor (curva ROC) entre os modelos alternativos para contaminações de cádmio em bovinos abatidos, conforme mediana ou tercis dos preditores. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	176

Mapa 1 -	Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2006....	100
Mapa 2 -	Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2007....	101
Mapa 3 -	Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2008.....	102
Mapa 4 -	Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2009.....	103
Mapa 5 -	Distribuição de eventos quantitativos do conjunto metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2010.....	104
Quadro 1 -	Efeito da associação de violação e período para metais pesados em bovinos abatidos, conforme resíduos padronizados ajustados. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2005 e 2006 – 2010....	75
Quadro 2 -	Efeito da associação de detecção e período para metais pesados em bovinos abatidos, conforme resíduos padronizados ajustados. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2005 e 2006 – 2010....	76
Quadro 3 -	Tendência linear decrescente para o total anual de violações do conjunto de metais pesados pesquisados pelo PNCRC em bovinos abatidos. Brasil, jan/2006 – dez/2010.....	99
Quadro 4 -	Avaliação de tendência para detecções anuais do conjunto de metais pesados (arsênio+cádmio+chumbo+mercúrio), considerando sugestão linear do diagrama de dispersão. Brasil (PNCRC), 2006 a 2010.....	99

Quadro 5 -	Tendências significativas para total mensal de detecções de arsênio por UF, período, tipo de modelo e variável dependente em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010.....	136
Quadro 6 -	Tendências não significativas, segundo tipo de modelo testado e UF-base para total de detecções de arsênio em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), período 2006 – 2010.....	137
Quadro 7 -	Tendências significativas para total mensal de detecções de chumbo por UF, período, tipo de modelo e variável dependente em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010..	138
Quadro 8 -	Modelos de tendências não significativas, segundo tipo de polinômio testado e UF, considerando detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010.....	138
Quadro 9 -	Tendências significativas para total mensal de detecções de cádmio por UF, período, tipo de modelo e variável dependente em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010.....	139
Quadro 10 -	Tendências não significativas, segundo tipo de modelo testado e UF-base para total de detecções de cádmio. PNCRC (bovinos abatidos), período 2006 – 2010.....	140
Quadro 11 -	Tendências significativas em modelos lineares alternativos ao quadro 7 para o total de detecções de chumbo em bovinos abatidos, por UF. Brasil (PNCRC), período 2006 – 2010.....	141
Quadro 12 -	Probabilidade de contaminação por arsênio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercil das variáveis posec, pocon, pogin e a mediana da variável narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	154
Quadro 13 -	Probabilidade de contaminação por arsênio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercil das variáveis posec, pocon e a mediana das variáveis pogin e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	155
Quadro 14 -	Probabilidade de contaminação por arsênio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercil das variáveis posec, pogin e a mediana das variáveis pocon e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	159

Quadro 15 - Probabilidade de contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercil das variáveis pogin; pocil; arbre; panso. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	163
Quadro 16 - Probabilidade de contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercil das variáveis pogin, pocil e panso. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	168
Quadro 17 - Probabilidade de contaminação por cádmio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre a mediana das variáveis ninst; nautp; nuarv; ranso. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	172
Quadro 18 - Probabilidade de contaminação por cádmio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla para o tercil de nuarv e a mediana das variáveis ninst; nautp; ranso. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Pontos de corte ($\mu\text{g/Kg}$) para definição de não quantificações, detecções e violações de metais pesados em bovinos abatidos, segundo contaminante, tecido (matriz) e referência técnico-científica. Brasil (PNCRC), 2002 - 2010.....	59
Tabela 2 -	Comparação de médias (teste t) para o total anual de análises sorteadas (n) por período e tipo de contaminantes inorgânico. São Paulo (PNCRC), 2002-2010.....	75
Tabela 3 -	Totais de detecções e de violações em bovinos abatidos por tipo de metal pesado e UTRA. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	77
Tabela 4 -	Relação entre detecções (pb-1 e cd-1) e violações (pb-2 e cd-2) de cádmio e chumbo em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	78
Tabela 5 -	Predileção de detecções de metais pesados, segundo região administrativa do Ministério da Agricultura (UTRA). São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010.....	79
Tabela 6 -	Desdobramento das detecções preferenciais de chumbo na UTRA Botucatu, segundo microrregiões e identificação dos municípios componentes. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010.....	81
Tabela 7 -	Efeito de risco das regiões administrativas do Ministério da Agricultura (UTRA) para detecção de metais pesados em bovinos abatidos, por tipo de contaminante inorgânico estatisticamente associado à UTRA. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010.....	82
Tabela 8 -	Vínculo entre áreas de baixa / alta detecção e baixo / alta violação de chumbo e cádmio, conforme mediana dos totais de detecções e violações respectivas no conjunto das UTRAs. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010.....	83
Tabela 9 -	Razões de resultados para cádmio, chumbo e arsênio, segundo total por UTRA em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	84
Tabela 10 -	Estatísticas descritivas das concentrações de metal pesado por UTRA. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010.....	85

Tabela 11 -	Comparação das concentrações médias de chumbo entre bovinos de corte oriundos da UTRA Botucatu e das demais regionais, por métodos paramétricos e não paramétricos. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010.....	87
Tabela 12 -	Total anual de resultados não quantificáveis (zero), de detecção (um) e de violação (dois) na pesquisa de mercúrio (402) em bovinos abatidos, segundo UF de origem. Brasil (PNCRC), 2006 - 2007.....	106
Tabela 13 -	Totais de detecções de chumbo em bovinos abatidos por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	106
Tabela 14 -	Totais de detecções de cádmio em bovinos abatidos por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010.....	107
Tabela 15 -	Resíduos padronizados ajustados da tabela de contingência. Distribuição da contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo tercís dos percentuais de área de brejo e várzea entre as UPAs dos municípios (arbre). São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	161
Tabela 16 -	Resíduos padronizados ajustados da tabela de contingência. Distribuição da contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo tercís dos percentuais de uso da análise de solo (panso). São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010.....	161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i> (tão baixo quanto razoavelmente alcançável)
As	Arsênio
BPA (s)	Boas Práticas Agrícola(s)
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
Cd	Cádmio
COA	Certificado Oficial de Análise
Contam	Contaminação
CRC	Coordenação de Resíduos e Contaminantes
Detbin	Detecção binária
Detleg	Detecção legal
ELISA	<i>Enzyme linked immunosorbent assay</i> (ensaio de adsorção imuno-enzimática)
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i> (Autoridade europeia para inocuidade alimentar)
EUA	Estados Unidos da América
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> [Organização (das Nações Unidas) para Agricultura e Alimentação]
FDA	<i>Food and Drug Administration</i> (Autoridade administrativa de drogas e alimentos nos EUA)
HACCP	<i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i> (Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC, baseado em 7 princípios da FAO).
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i> (Agência Internacional para pesquisa do câncer)
Ha	Hectare(s)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JECFA	<i>Joint Expert Committee on Food Additives</i> (Comitê de especialistas em aditivos alimentares do <i>Codex Alimentarius</i>)
LD	Limite de detecção
LMR	Limite máximo de resíduo
LQ	Limite de quantificação ¹
LUPA	Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mercosul	Mercado Comum (da América) do Sul
MmHg	Milímetros de mercúrio
nº	Número
OIE	<i>Office International des Epizooties</i> . Secretariado Internacional de Epizootias, nome ainda utilizado para representar a atual Organização mundial de saúde animal

¹ Neste estudo o termo limite de quantificação (LQ) foi considerado como a mais baixa concentração, de um composto químico, a partir da qual é possível medir o analito com uma certeza razoável do ponto de vista estatístico (UE, 2007). O LQ, portanto, é um teor mínimo superior ao limite de detecção (LD - *menor concentração em que um analito pode ser identificado de forma específica em uma amostra-teste*). LQ e LD geralmente são estimados a partir de uma curva-padrão, estabelecendo-se o limite de detecção como o valor do intercepto da curva mais 3 desvios-padrão ($S_{y/x}$) e o limite de quantificação como o valor do intercepto mais 10 desvios-padrão (FAO, 2009)

OR	<i>Odds Ratio</i> (razão de chances)
Pb	Chumbo
PCC	Ponto Crítico de Controle
PNCRC	Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes
Ppb	Partes por bilhão, equivalente a µg/Kg
QI	Quociente de Inteligência
ROA	Requisição Oficial de Análise
ROC	<i>Receiver operating characteristic</i> (curva de operação do receptor)
RR	Risco Relativo
SDA	Secretaria de Defesa Agropecuária
Seqc	Variável Sequência centralizada
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SIGSIF	Sistema de Informações Gerenciais do SIF (pela internet)
SISRES	Sistema gerenciador de resíduos do MAPA (pela internet)
SISBOV	Sistema brasileiro de rastreabilidade da cadeia produtiva de bovinos e bubalinos
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i> (Pacote Estatístico para Ciências Sociais)
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
TMC	Teor Máximo de Contaminante. O equivalente ao LMR para contaminantes
UE	União Europeia
UF	Unidade Federativa
UPA	Unidade de Produção Agropecuária
UTRA	Unidade Técnica Regional da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
WHO	<i>World Health Organization</i> . Organização Mundial da Saúde (OMS)
Estados	
AC	Acre
AM	Amazonas
BA	Bahia
ES	Espírito Santo
GO	Goiás
MA	Maranhão
MG	Minas Gerais
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Gross
PA	Pará
PR	Paraná
RO	Rondônia
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SE	Sergipe
SP	São Paulo
TO	Tocantins

UTRAs

Ara	Araraquara
Aru	Araçatuba
Btu	Botucatu
Cps	Campinas
Gua	Guaratinguetá
Ipa	Fazenda Ipanema
Mar	Marília
Pru	Presidente Prudente
Rao	Ribeirão Preto
Sjr	São José do Rio Preto

LISTAS DE SÍMBOLOS

$\sim$	Aproximadamente
+	Mais
<	Menor que
>	Maior que
$\leq$	Menor ou igual a
=	Igual
%	Porcentagem
*	Vezez
[x]	Concentração de X
$\bar{x}$	Média amostral
/	Dividido por
$\mu\text{g/kg}$	Microgramas por kilograma, equivalente a ppb
r	Coeficiente de correlação de Pearson
r^2	Coeficiente de determinação
χ^2	Estatística qui-quadrado de Pearson
p ou p-valor	Nível descritivo do teste estatístico ou valor de p
p (Fisher)	Valor de p para o teste exato de Fisher
β	Coeficiente de regressão
t	Estatística t de Student
F	Estatística F de Fisher
N	Tamanho da amostra ou nº de unidades amostrais
401	Código para arsênio no SISRES
402	Código para mercúrio no SISRES
404	Código para chumbo no SISRES
406	Código para cádmio no SISRES

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	35
1.1	CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO	43
2	HIPÓTESE	49
3	OBJETIVOS	53
3.1	OBJETIVO GERAL.....	53
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	53
4	MATERIAL E MÉTODO	57
4.1	FONTE DE DADOS.....	57
4.2	NÃO QUANTIFICAÇÕES, DETECÇÕES E VIOLAÇÕES.....	58
4.2.1	Detecções como Fator Predisponente às Violações de Metais Pesados no PNCRC	60
4.2.2	Distribuição de Detecções de Metais Pesados nas Unidades Administrativas	61
4.3	AVALIAÇÃO DESCRITIVA: TENDÊNCIA DAS DETECÇÕES DE METAIS PESADOS NO PNCRC.....	62
4.4	MODELAGEM DE REGRESSÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO	63
4.5	VARIÁVEL DEPENDENTE	63
4.6	VARIÁVEIS INDEPENDENTES	64
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA MODELAGEM DE REGRESSÃO LOGÍSTICA	65
4.8	PERÍODO AVALIADO	67
4.9	CODIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS	67
4.9.1	Cádmio	67
4.9.2	Chumbo	68
4.9.3	Arsênio	69
4.9.4	Mercúrio	69
5	RESULTADOS	73
5.1	DETECÇÕES COMO FATOR PREDISPONENTE ÀS VIOLAÇÕES DE METAIS PESADOS NO PNCRC	77
5.1.1	Distribuição de Detecções de Metais Pesados nas Unidades Administrativas	78
5.2	DISTRIBUIÇÃO CRONOLÓGICA DE METAIS PESADOS.....	97
5.2.1	Detecções de Arsênio (401)	105
5.2.2	Detecções, Violações e Não Quantificações de Mercúrio (402) ...	105
5.2.3	Detecções de Chumbo (404)	106

5.2.4	Detecções de Cádmio (406)	107
5.3	TENDÊNCIAS DAS SÉRIES HISTÓRICAS.....	107
5.3.1	Diagramas de Dispersão	107
5.3.2	Modelos de Tendência	135
5.3.2.1	Detecções de Arsênio (401).....	136
5.3.2.2	Detecções de Chumbo (402)	137
5.3.2.3	Detecções de Cádmio (406)	139
5.4	MODELAGEM ESTATÍSTICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO.....	153
5.4.1	Arsênio	153
5.4.2	Chumbo	161
5.4.3	Cádmio	171
6	DISCUSSÃO	179
6.1	EVENTO “DETECÇÕES” COMO FATOR PREDISPOENTE ÀS VIOLAÇÕES DE METAIS PESADOS NO PNCRC.....	179
6.2	DISTRIBUIÇÃO DE DETECÇÕES DE METAIS PESADOS NAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS	186
6.2.1	Chumbo	188
6.2.2	Cádmio	199
6.2.3	Arsênio	204
6.2.4	Conjunto Arsênio, Chumbo e Cádmio	212
6.3	PERÍODO AVALIADO NA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO DAS CONTAMINAÇÕES.....	212
6.4	DISTRIBUIÇÃO CRONOLÓGICA DE METAIS PESADOS	214
6.5	TENDÊNCIAS DAS SÉRIES HISTÓRICAS.....	215
6.5.1	Detecções de Arsênio	216
6.5.2	Detecções de Mercúrio	219
6.5.3	Detecções de Chumbo	220
6.5.4	Detecções de Cádmio	223
6.6	TENDÊNCIAS DAS DETECÇÕES DE CONTAMINANTES EM SÃO PAULO E NO BRASIL.....	225
6.7	MODELAGEM ESTATÍSTICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO.....	228
6.7.1	Arsênio	229
6.7.2	Chumbo	239
6.7.3	Cádmio	246
6.8	PLAUSIBILIDADE DOS FATORES DE RISCO	251
6.8.1	Variáveis Identificadas nos Modelos	252

6.8.1.1	Modelo para Arsênio: Posec (instrução 2º); Pocon (confinamento); Pogin (instrução ginásial); Narpa (área pastagem)	253
6.8.1.1.1	Área de Pastagem (Narpa).....	253
6.8.1.1.2	Porcentagem de Confinamento (Pocon)	256
6.8.1.1.3	Nível Educacional dos Produtores Rurais (posec e pogin).....	258
6.8.1.2	Modelo para Chumbo: Pogin (educação de 1º grau); Pocil (presença de pocilga); Arbre (vegetação de brejo e várzea); Panso (realização de análise do solo).....	262
6.8.1.2.1	Número de UPAs que Possuem Pocilga em Cada Município (Pocil) .	264
6.8.1.2.2	Percentual de UPAs, em Cada Município, que Realizam Análise de Solo (panso)	269
6.8.1.2.3	Número de UPAs, em Cada Município, com Vegetação de Brejo e Várzea (arbre)	269
6.8.1.2.4	Nível Educacional do Produtor Rural, Medido como Percentual de UPAs, em Cada Município, cujo Proprietário Rural Completou o Ensino Ginásial (pogin)	271
6.8.1.3	Modelo para Cádmiio: Ninst (falta de instrução); Nuarv (área de vegetação natural); Ranso (realização de análise do solo); Nautp (equipamentos de irrigação autopropelida)	272
6.8.1.3.1	Total de Equipamentos à Base do Conjunto Autopropelido (nautp)...	274
6.8.1.3.2	Número de UPAs com Proprietário Sem Instrução (ninst)	275
6.8.1.3.3	Área com Vegetação Natural (nuarv)	277
6.8.1.3.4	Número de UPAs que Realizam Análise de Solo (ranso).....	278
6.9	MITIGAÇÃO DE RISCOS POR ATUAÇÃO EM ETAPAS ESTRATÉGICAS: papel organizador do Estado versus a responsabilidade por garantias técnicas atribuída à cadeia produtiva.....	279
6.10	IMPACTO DO ESTUDO ECOLÓGICO: CHUMBO COMO EXEMPLO	288
7	CONCLUSÕES	293
	REFERÊNCIAS	297
	GLOSSÁRIO	315
	APÊNDICES	317
	ANEXOS	341

INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

“Um mundo bom precisa de conhecimento, gentileza e coragem; não precisa de anseios pesarosos (...) pelo passado, nem do agrilhoamento do livre pensar a palavras proferidas há muito tempo por homens ignorantes. Precisa de perspectivas desprovidas de medo e de liberdade para a inteligência. Precisa de esperança para o futuro, e não de retrocesso a um passado que já morreu, que acreditamos, será enormemente superado pelo futuro que a nossa inteligência é capaz de criar” (Bertrand Russel)

1 INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

As questões relacionadas à segurança alimentar possuem implicações fortemente emotivas na sociedade, constituindo-se em foco prioritário para atuação governamental (REEVES, 2005). Neste âmbito, perigo é definido como qualquer agente com potencial para causar agravos na saúde da população exposta, podendo ter natureza química, física ou biológica. O emprego do termo perigo é frequentemente acompanhado do conceito de risco, sendo este último entendido como estimativa da probabilidade de ocorrência e magnitude de agravo correspondente, respectiva à exposição ao perigo (RODRICKS; TAYLOR, 1983; FAO; WHO, 2007).

No contexto dos produtos de origem animal para consumo humano, perigo é uma propriedade intrínseca de um agente presente nos alimentos, enquanto risco é uma medida da probabilidade deste agente causar agravo à saúde (KNOWLES et al., 1991).

As origens etimológicas do termo risco são obscuras. Na língua portuguesa especulam-se suas origens no latim *resecare* (cortar separando²), no baixo latim *risicu* (derivado de *resecare*) e alternativamente no espanhol “risco” (penhasco alto e escarpado). Na língua inglesa as origens do risco também assinalam a ideia de empreitadas perigosas ao remeter às referências da idade média em que o vocábulo passou a ser utilizado na linguagem náutica para indicar “recife”, ou seja, adquirindo a conotação de algo oculto no mar, na forma de penhasco submerso capaz de cortar embarcações, representando uma ameaça potencial (AYRES, 2008).

Além dessas conjecturas sobre a origem do risco há outras que o associam ao jogo de azar, à ousadia e coragem, sendo que a partir do século XVII o termo passou a ser utilizado em alusão à probabilidade de ocorrer sucesso combinada à magnitude das perdas e ganhos resultantes. Desde então, o risco passou a ter um papel propriamente estatístico, incorporando a definição de perigo. Desta forma, a noção de risco ocupa um lugar central na modernidade em associação com um sucesso incerto e potencialmente perigoso (AYRES, 2008).

² Pode-se supor a experiência linguística de riscar a pele, em que um “risco” corta e separa os tecidos dérmicos adjacentes, causando um efeito desagradável que se desejaria evitar

O conceito de risco vem propor o reconhecimento da distinção entre determinação e acaso, a partir da força determinística do relacionamento causal observado na natureza, pois se tudo fosse uma questão de sorte, fruto do acaso, a administração do risco seria um exercício sem sentido (BERNSTEIN, 1997).

Para a humanidade alcançar definições de risco tão claras, no sentido de objetivamente reconhecer medidas preventivas alternativas foi necessária evolução conceitual historicamente acumulada. Uma rápida consulta remete à mentalidade do final de Idade Média, cujos traços fundamentais eram representados pelo predomínio do senso de visão. Até então, a tradição cultural apoiava-se na transmissão oral de conhecimentos com inclinação para a recitação das escrituras sagradas. Entre os séculos XIV e XV constata-se uma obsessão literária em detalhes sobre a aparência superficial e uma preferência cada vez maior pela prosa, meio mais eficaz de descrição física exata, em contraposição à poesia (CROSBY, 1999).

O próprio termo auditoria, tão familiar às modernas ferramentas de verificação da confiabilidade de sistemas de inspeção e originalmente oriundo da contabilidade (OPAS, 2005c), cuja raiz *audit* indica exame pela escuta de depoimentos, passa a estranhamente significar exame pela leitura.

A mudança na forma de pensamento, com forte apelo para a visão, a partir do final da Idade Média, é reconhecida como de relevante influência em questões históricas marcantes da humanidade, como o renascimento, a reforma protestante, a contrarreforma católica, a centralização do poder monárquico, com seus efeitos na formação dos estados nacionais europeus e nas revoluções modernas. Esta mudança para a predominância visual no pensamento também se manifestou no campo das ciências como um modo de ver e manipular as questões da realidade finita e cotidiana (FARIA et al., 1989; CROSBY, 1999).

Até a época do renascimento (séculos XV e XVI) as pessoas percebiam o futuro como uma questão de sorte e a maioria das decisões era motivada pelo instinto. A reforma protestante (século XVI), ao eliminar a confissão responsabilizou as pessoas pelas consequências das próprias decisões. Esta mudança nas crenças, com reflexo numa ideologia pragmática, materializou-se paralelamente ao desenvolvimento de métodos numéricos, tanto da contabilidade, em razão do florescimento do comércio do oriente sob liderança das cidades italianas, como da previsão, atividade mais desafiadora que associa assumir riscos com compensa-

ções diretas. O cenário de mudanças conceituais, herdado da época do renascimento cultural europeu, tem relação direta com o desenvolvimento do sistema capitalista de produção, ao passo que as técnicas de contabilidade, previsão e o início da ciência do risco, dependeram do desenvolvimento da matemática, pois sem números não há vantagens nem probabilidades, o que tornaria o risco uma questão de coragem (BERNSTEIN, 1997).

A noção de risco como ferramenta tecnológica surge a partir do desenvolvimento do conceito de probabilidade. A primeira estrutura conceitual para a Teoria das probabilidades adveio de Pascal (1623-1662), fornecendo um cálculo matemático como medida objetiva da probabilidade, na forma de uma razão em que o numerador é o número de casos favoráveis e o denominador o nº total de casos possíveis (BERNSTEIN, 1997). Tal noção utiliza um raciocínio aritmético, a partir de grandezas vinculadas à experiência linguística, empregando uma função adjetiva que qualifica um raciocínio causal (AYRES, 2008).

No contexto de mitigar riscos ou diminuir as probabilidades de agravo de saúde controlar perigos de origem alimentar consta de função precípua dos governos, uma vez que estes têm de fornecer o ambiente institucional e regulatório para que o controle de alimentos seja exercido de forma eficaz. O papel governamental regulatório possibilita clareza na divisão de atribuições e reconhecimento da responsabilidade da iniciativa privada e do público geral em cada etapa da cadeia produtiva, envolvendo criadores, industriais, distribuidores, varejistas e consumidores (FAO; WHO, 2006).

Recai sobre os governos a responsabilidade por assegurar o fornecimento contínuo de alimentos inócuos, cabendo atualização deste papel, face ao progresso do conhecimento e da alteração nas circunstâncias envolvidas com a cadeia de produção. Tais mudanças podem dispensar o Estado da responsabilidade direta sobre o fornecimento de alimentos inócuos, o que por outro lado incorre em sua responsabilização por um amplo espectro de atividades regulatórias e orientativas que afetam produtores, processadores, distribuidores e consumidores (KNOWLES et al., 1991).

A relevância da acomodação dos desenvolvimentos científicos nas políticas governamentais leva em conta a necessidade de controle permanente ao longo do tempo e também o reconhecimento da complexidade desta proposta, uma vez que envolve questões sociais, econômicas e ambientais (FRAZZOLI et al., 2009).

Além disso, a dinâmica dos perigos nos alimentos não é trivial, o que em face da impossibilidade de garantir a completa ausência de risco torna necessário implementar ações de gerenciamento, vinculadas ao potencial de agravo de cada grupo de perigo, com a preocupação paralela de que o nível de risco definido como aceitável seja realmente um padrão adequado para proteção da saúde pública (RODRICKS; TAYLOR, 1983).

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) executa o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), como ferramenta de gerenciamento de risco, que se divide em programas setoriais, quais sejam de carne (bovinos, suínos, equinos, aves; pescado) de leite; de ovos e de mel (BRASIL, 2012d).

A gestão do PNCRC preocupa-se com atividades destinadas tanto a conhecer o potencial de exposição da população de consumidores aos resíduos potencialmente nocivos à saúde, como a impedir o consumo de produtos derivados de animais oriundos de criatórios onde se tenha caracterizado violação dos limites máximos de resíduos (LMR's) para medicamentos permitidos; em que se tenha extrapolado os limites legais máximos para contaminantes; ou onde se tenha constatado uso de drogas veterinárias proibidas no território nacional. Desta maneira, destaca-se que o gerenciamento do PNCRC apresenta o controle e a vigilância como suas funções regulamentares básicas (BRASIL, 1999).

Para pautar a atualização de políticas de defesa agropecuária o PNCRC baseia-se fundamentalmente em seu subprograma de monitoramento. Utilizando de um levantamento da população de estudo, representada pelas espécies animais processadas nas indústrias sob SIF (para colheita de amostras oficiais e geração dos respectivos resultados), o Plano lança mão de uma amostragem representativa da população alvo, ou seja, de todas as populações animais do país (BRASIL, 1999; SILVA, 2004).

A sistemática do subprograma de monitoramento é estabelecida para cumprimento em base anual e gera os resultados da incidência populacional de violações aos limites legais máximos. Além disso, possibilita demonstrar a inexistência de extrapolação das prevalências inerentes a um sistema controlado, conforme o analito e a espécie animal considerados. Isto significa que os resultados anuais indicando 0% para a frequência populacional de ocorrência, apontam que as inci-

dências de violações são tão baixas quanto 0,5-1%³, com 95% de certeza (BRASIL, 1999; FAO, 2009; BRASIL, 2012b).

Para operacionalizar a logística de distribuição do “n” amostral, cujo cumprimento é estabelecido por um cronograma anual como dito anteriormente, o sistema baseado na internet chamado SISRES gera sorteios semanais de estabelecimentos para obtenção de tecidos (músculo, fígado, rim, gordura abdominal) ou de produtos (leite, mel, ovos), procedimento que é acompanhado pelos escritórios do Serviço de Inspeção Federal (SIF) sediados em cada um dos 3575 estabelecimentos sob a égide de fiscalização do MAPA (BRASIL 2012d). As unidades amostrais são sorteadas, por estabelecimento, com referência ao número de SIF para colheita das amostras oficiais a serem enviadas para análise nos laboratórios da rede oficial, compostos por LANAGROs e laboratórios acreditados pelo INMETRO (ISO 17025/2005) e credenciados pelo MAPA.

Ainda que os termos controle e fiscalização possam ser rotineiramente utilizados como sinônimos, a rigor, fiscalização consta de checar o cumprimento de parâmetros estabelecidos por normas e de impor medidas restritivas no casos de inobservância, sendo subgrupo das ações de controle, uma vez que estas possuem um escopo mais amplo, partindo da regulamentação, passando pelas atividades produtivas e chegando até ações educativas (COSTA, 2009) e evidentemente incluindo as ações de fiscalização.

Vigilância sanitária pode ser considerada como sinônimo de fiscalização, mediante inspeção de estabelecimentos e de atividades (COSTA, 2009), ao passo que a vigilância epidemiológica não consta da fiscalização imediata do atendimento a padrões de aceitação, mas a utilização de dados gerados de forma sistemática e permanente, representando todos os tipos de informações sobre ocor-

³ Existe uma variação no rigor da amostragem, conforme a importância do analito na espécie animal considerada. Para prevalência estimada em 1% de violações o “n” deve ser 299, sendo igual a 598 para prevalências de 0,5%. Este “n” entre 299-598 animais amostrados é suficiente para detectar pelo menos 1 violação em prevalências reais entre 0,5-1%, conforme CAC 71 (FAO, 2009), sendo utilizado no PNCRC para monitorar a presença de metais pesados (n=580), segundo Brasil (2012b). Para estimativas de prevalências maiores o “n” tende a ser menor. Assim, para monitorar sulfas em equinos, considerando-se a prevalência estimada em 10% requer-se um “n” de 29 animais (FAO, 2009), formalizado como 30 para efeitos práticos pela Instrução Normativa nº 11 (BRASIL, 2012b). De forma semelhante, mas em sentido contrário, estimativas de prevalências menores levam a um “n” amostral maior. No caso de esteroides anabolizantes, cujo uso é proibido em bovinos, por exemplo, o PNCRC estuda anualmente 1525 unidades amostrais (BRASIL, 2012b), o que é suficiente para detectar pelo menos uma violação, mesmo que a prevalência seja tão baixa quanto de 0,1-0,5%. Especificamente falando, a tabela 1 do apêndice A do CAC 71 (FAO, 2009) define “919” como “n” a utilizar em prevalências estimadas em 0,5% e de “4603” para aquelas de 0,1%, com 99% de certeza, dimensionando a citada faixa de 0,1-0,5%, agora com ênfase na incerteza tolerada de 1% apenas (100-99)

rência de doenças e as formas de prevenção, em dada área geográfica (CÔR-
TES, 1993, p.139). Desta forma, a vigilância epidemiológica pode ser considerada
necessária ao âmbito geral de controle das doenças decorrentes da exposição a
resíduos ou contaminantes químicos.

Do ponto de vista legal é necessário destacar que as ações de vigilância
sanitária inserem-se no contexto da Lei Orgânica da Saúde. São executadas no
âmbito de organismos vinculados ao Ministério da Saúde como um conjunto de
procedimentos para eliminar, diminuir ou prevenir riscos, o que lhes confere papel,
no que interessa à saúde, na intervenção ambiental, na produção e na circulação
de bens e de serviços (BRASIL, 1990).

As ações do PNCRC integram medidas de gerenciamento de risco das esfe-
ras do Ministério da Agricultura. Assim, há ênfase nas ações relativas a procedi-
mentos de fiscalização, quer seja por ações regulatórias que recaem na etapa de
criação animal, ou mesmo por avaliações estratégicas no sistema, vinculadas aos
produtos de origem animal nas indústrias.

Apesar de não terem tal denominação na lei nº 8080/1991⁴, conceitualmen-
te, as ações de fiscalização do Ministério da Agricultura representam providências
de vigilância sanitária, uma vez que são executadas como forma de eliminar, di-
minuir ou prevenir riscos à saúde humana, sendo necessárias à articulação com o
sistema único de saúde como previsto no artigo 28 A da lei de política agrícola.
Neste âmbito, deve-se especialmente considerar a necessidade de políticas es-
pecíficas a cada problema sanitário nas estratégias de vigilância aludidas no §6º
do inciso XI do referido artigo (BRASIL, 1991).

Considerando-se a necessária distinção entre vigilância epidemiológica e
vigilância sanitária (fiscalização) pode-se afirmar que o PNCRC disponha de ar-
cabouço para executar atividades de ambas as modalidades.

O Plano Nacional prevê ações de fiscalização, calcadas na avaliação siste-
mática dos níveis de resíduos e contaminantes, no que se refere a observância
dos limites legais máximos estabelecidos com base no *Codex Alimentarius* e defi-
nidos na legislação brasileira. O escopo de fiscalização sanitária dispora ações
restritivas para o alimento e seus produtores, quando são constatadas violações
aos níveis estatutários das substâncias químicas monitoradas.

⁴ Esta considerando apenas ações dos serviços sob a égide do Ministério da Saúde

Além das ações rotineiras de fiscalização sanitária que se relacionam com medidas restritivas, diretamente aplicadas a produtos e sistemas de produção inconformes aos limites legais, o PNCRC também obtém dados a respeito da distribuição dos níveis das substâncias químicas monitoradas em cada espécie animal. Tais registros representam um histórico, ao longo do tempo e do espaço, que pode possibilitar ações de vigilância epidemiológica, atestando a efetividade das políticas sanitárias, baseando-se no monitoramento de ações de controle, executadas no sistema produtivo, e de seus resultados na redução de violações. Este aspecto de vigilância epidemiológica possibilita ao PNCRC atualizar medidas de gerenciamento de risco químico em alimentos, propondo alteração ou substituição das políticas de saúde animal e/ou de fiscalização sanitária.

Tendo-se em vista a possibilidade de recorrência de violações, mesmo com a adoção rotineira de ações restritivas ligadas a sistemas de produção e seus produtos correspondentes, este estudo propõe a atualização do foco de vigilância epidemiológica do PNCRC para complementar suas ações de gerenciamento, com base na identificação de fatores de risco nas propriedades de criação dos animais destinados a consumo humano.

Há necessidade de ações adicionais e mais sistemáticas para evitar a recorrência de violações, segundo os preceitos e ferramentas da análise de risco, numa integração com os programas nacionais de inocuidade alimentar (KÄFERS-TEIN; ABDUSSALAM, 1999) para possibilitar avanços específicos nos subprocessos de caracterização e comunicação de risco. Tal abordagem é relevante para aumentar o êxito de ações preventivas à recorrência de violações de todos os resíduos e contaminantes monitorados, além de permitir demonstrar quantitativamente os efeitos e os impactos destes e das intervenções governamentais orientadas pelo gerenciamento de risco.

Um sistema de gerenciamento de risco estruturado para quantificar violações de resíduos e contaminantes, bem como para obter informações sobre os fatores produtivos relacionados com tais substâncias em cada espécie animal e região geográfica poderá dar base para acompanhar ações destinadas à redução gradativa dos níveis toleráveis dos analitos, prontificando o país a atender exigências cada vez mais rigorosas de saúde pública. Além disso, a atualização do PNCRC para monitorar os fatores produtivos identificados como risco poderá facilitar a priorização de ações em regiões específicas, direcionando subprogramas

exploratórios com “n” amostral menor do que o previsto na amostragem aleatória do subprograma de monitoramento, representando abordagem de vigilância baseada em risco.

Os contaminantes inorgânicos representam protótipo para estruturação inicial da expansão de foco do sistema de vigilância epidemiológica, uma vez que seu efeito cumulativo exemplifica que as ações de sistema recomendadas para o que hoje são níveis de violação podem vir a ser definidas para os atuais níveis de detecção, conforme se expandem os conhecimentos sobre o efeito de exposição prolongada, paralelamente às políticas sanitárias do Brasil e dos países que importam produtos brasileiros.

Este trabalho propõe-se a contribuir para o gerenciamento de risco químico em alimentos de origem animal. A partir de quesitos que objetivamente possam materializar o aprimoramento da interação desta disciplina com questões da avaliação de risco, pretende apresentar um formato para retroalimentar a avaliação de risco com a identificação de fatores de produção vinculados aos resultados analíticos do PNCRC. Esta abordagem é relevante porque a identificação de extrapolação aos limites aceitáveis, para substâncias químicas em alimentos, ocorre devido à exposição a fatores de criação nas propriedades rurais, considerando os seguintes aspectos:

Os planos nacionais de resíduos / contaminantes aludem à necessidade de controle, do ponto de vista temporal e espacial. Apesar de viabilizarem a obtenção de dados sobre a incidência anual de violações nas populações animais e possibilitarem a comparação das condições entre países (SAEGERMAN et al., 2006), observa-se que para além das ações restritivas em produtos/produtores inconformes, não exploram as potencialidades dos estudos epidemiológicos para prevenção de recorrência da contaminação pelos compostos monitorados.

Para o controle nacional e internacional de perigos químicos em alimentos, a literatura enfatiza o papel da toxicologia, indicando seu emprego na avaliação de risco como um dínamo de todo processo de análise de risco (HAYASHI, 2009), mas não destaca o uso de estudos epidemiológicos no gerenciamento de risco relacionado aos planos nacionais de monitoramento de resíduos e contaminantes em alimentos.

Os objetivos dos planos nacionais de controle de resíduos enfocam na proteção aos consumidores, com apelo nas ações de seguimento a cada caso de

violação dos níveis máximos aceitáveis de resíduos / contaminantes, mas não no gerenciamento dos níveis de incidência ao longo dos anos.

Para controle das incidências de detecções/ violações de resíduos, de uma forma geral, e de resíduos de metais pesados de uma forma específica, e principalmente para que tal controle seja aplicável temporal e espacialmente, necessita-se da atuação conjunta dos avaliadores e gerenciadores de risco para mitigação de riscos químicos em alimentos, tanto em nível de *commodities* exportáveis, quanto de produtos destinados ao consumo no mercado interno. Justifica-se, portanto, propor uma plataforma de gerenciamento de risco para o PNCRC, baseada em um sistema de vigilância epidemiológica, cuja operacionalidade na identificação de fatores de risco seja demonstrada em menor escala para uma Unidade Federativa individualmente.

1.1 CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

São Paulo sediou a colonização brasileira, a partir da chegada de Martim Afonso de Souza a São Vicente em 1532. Objetivou-se estabelecer uma concessão não hereditária de terras para promover a efetiva ocupação e atender a política da coroa portuguesa de evitar a perda do território para a progressão das intenções expansionistas da França, que já havia se estabelecido na Guanabara (1555-1560) e no Maranhão (1612-1615). À época sustentava-se o princípio do *uti possidetis*, ou seja, de que a terra pertencia a quem a ocupasse, sendo que os franceses já estavam no comércio de pau-brasil e praticavam pirataria na costa brasileira, muito extensa para ser guarnecida pelas patrulhas portuguesas (FAUSTO, 2006).

Ao longo do século XVIII São Paulo ainda era o quartel-general das expedições de reconhecimento ao interior do país. Esta tinha o escopo de aprisionar índios e procurar metais preciosos, ficando conhecidas como “bandeiras” e sendo responsáveis pela ampliação do território brasileiro ao sul e a oeste, muito além da linha de Tordesilhas. Desta forma, São Paulo era um local carente de atividade econômica lucrativa, contrastando-se ao cultivo de cana-de-açúcar no Nordeste, que contava apenas com a mão-de-obra indígena desfalcada dos desbravadores

do sertão. A mudança de cenário com aprimoramento do papel paulista na economia ocorreria a partir da transição do século XVIII para o XIX, em que as plantações de café passaram a substituir a cana-de-açúcar no primeiro plano da economia nacional (SÃO PAULO, 2012).

No século XIX o apogeu da cafeicultura possibilitou aprimoramentos na infraestrutura, com desenvolvimento ferroviário paralelo a continuidade da figura do carro de boi. O café cultivado em áreas elevadas teve consórcio com o boi nos terrenos baixos e impróprios ao cultivo, ao que a expansão no parque cafeeiro levou a bovinocultura de corte a várias regiões do país (ABIEC, 2003).

Martim Afonso de Souza trouxe consigo um touro e 8 vacas (ABIEC, 2003), que se converteram em 171.613.337 bovinos, no ano de 2006 (IBGE, 2006).

O estado de São Paulo desempenha papel relevante ao responder por cerca de 15 a 18% da produção nacional de carne bovina inspecionada. Tal destaque é influenciado por uma elevada tecnologia na pecuária de corte, dividindo com Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás a liderança na produção deste tipo de carne que representa 55,76% da produção nacional (IGREJA et al., 2006), apesar de possuir o 6º maior rebanho nacional. Em SP houve perda de posição, decorrente da substituição das áreas de pastagem pela cana-de-açúcar, plantações de laranja, reflorestamento e intenso processo de urbanização (TIRADO et al., 2008).

Mesmo com os destaques por infraestrutura agroindustrial e logística as características da cadeia pecuária no estado comprometem a produtividade devido a pastagens de baixa qualidade, com solos desfavoráveis, impróprios para produção de grãos que são relegados à bovinocultura e ainda com baixo suporte a lotação animal, tendo necessidade de soluções calcadas na difusão de tecnologia, tanto por iniciativa privada de assistência técnica como por redes públicas de extensão rural. Estas também se justificam pela constatação de baixa qualidade no manejo dos animais (TIRADO et al., 2008).

As propriedades mais expressivas apresentam áreas entre 100 e 500 hectares, onde predomina o regime extensivo com pastagens cultivadas, apesar de também existir algum nível de atividade de recria e engorda em pastagens cultivadas e ainda com fazendas somente de engorda em sistema de confinamento (TIRADO et al., 2008).

Para bovinocultura, predominam 3 tipos de empresas no estado. A empresa capitalista destaca o papel do grande ou médio produtor, não residente nas pro-

priedades, exercendo as atividade de confinamento ou semiconfinamento e ainda confinamento, semiconfinamento ou pastagens (naturais ou cultivadas), respectivamente, com emprego de elevado grau de especialização nas técnicas produtivas. Na empresa familiar atuam médios e pequenos produtores em sistemas que usam pastagens naturais / cultivadas ou pequenos produtores que realizam confinamento, havendo tanto proprietários residentes como os que não habitam nas propriedades. Na empresa campesina predominam produtores que residem nas propriedades, utilizam-se de pastagens naturais, com baixo grau de especialização, onde prevalece a policultura e a mão de obra familiar. Tanto a empresa capitalista, como a familiar, utilizam o capital da exploração e possuem autoconsumo inexistente ou pouco significativo, respectivamente, ocorrendo o reverso na propriedade campesina (TIRADO et al., 2008).

HIPÓTESE

“É apenas (...) por meio da comparação de cada verdade com todas as outras, que (...) se apropria de seu próprio saber (...)” (Arthur Schopenhauer - A arte de escrever p. 39)

2 HIPÓTESE

É possível identificar fatores de risco para as detecções de resíduos e contaminantes para respaldo às medidas preventivas dirigidas, mediante uso de estudos epidemiológicos realizados a partir dos dados de monitoramento do PNCRC.

OBJETIVOS

“É necessário pesquisa dirigida para auxiliar tanto o governo como a indústria a tomar decisões melhores e mais bem informadas” (Jack C. Ng; Scott L. Bruce; Barry N. Noller)

3 OBJETIVOS

Os objetivos estão divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

3.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar a possibilidade de integração entre dados gerados rotineiramente por serviços vinculados à agropecuária e o PNCRC, com vistas à identificação de fatores de risco para detecção de resíduos e contaminantes, como base a uma proposta de sistema para vigilância epidemiológica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obter o banco de dados de detecções e violações de metais pesados em bovinos no PNCRC de 2002 a 2010 (estado de São Paulo), a utilizar como exemplo de caso para a abordagem proposta;

Obter base de dados secundários para os fatores de produção a identificar como risco para contaminação;

Integrar os dados do PNCRC e de fatores de produção em uma mesma base para realização de análises estatísticas;

Avaliar se a exposição a detecções pode representar fator de risco para violações nas regiões administrativas consideradas;

Identificar regionais administrativas do Ministério da Agricultura que tenham predileção para detecções de metais pesados;

Construir modelos de regressão logística para definição de fatores de risco para detecções de metais pesados;

Propor variáveis, dentre as não existentes no banco do projeto LUPA (levantamento das unidades de produção agropecuária do estado de São Paulo) como forma de possibilitar monitoria de fatores de vulnerabilidade à contaminação para

cada metal pesado e encaminhar formato para identificação similar para os metais em que não seja prontamente possível propor variáveis de vulnerabilidade.

MATERIAL E MÉTODO

“Tudo deve ser feito o mais simples possível, mas não mais simples do que isso”
(Albert Einstein)

4 MATERIAL E MÉTODO

Neste tópico será considerada a obtenção dos dados, sua organização para definir as categorias de análise do PNCRC sobre não quantificações, detecções e violações. Serão estabelecidas as estratégias para observar se há vínculo entre detecções e violações de metais pesados, nas várias regiões geográficas consideradas, bem como se existe predominância de detecções nestas áreas.

Na sequência serão apresentados os procedimentos das análises de tendência de detecções dos metais pesados e os critérios utilizados na modelagem de regressão para identificação de fatores de risco. Estes últimos levarão em conta a definição da variável dependente e das independentes, a codificação das variáveis, o período avaliado e as análises estatísticas utilizadas.

4.1 FONTE DE DADOS

Os dados do sistema informatizado de gerenciamento de resíduos e contaminantes (SISRES), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) foram obtidos a partir de relatório gerado pela Coordenação de Resíduos e Contaminantes (CRC) da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). O relatório foi utilizado como banco de dados primários, ou seja, fornecedor da característica de detecção (sim ou não) e violação (sim ou não) de cada um dos contaminantes inorgânicos (As; Hg; Pb; Cd) monitorados pelo plano nacional.

O PNCRC representa um **P**lano composto por **P**rogramas setoriais⁵ divididos em 4 tipos de subprogramas - monitoramento, investigação, exploratório, de produtos importados (BRASIL, 1999).

Os dados utilizados neste estudo representam o compilado do subprograma de monitoramento do PNCRC. Foram obtidos de animais abatidos, selecionados por sorteio aleatório estratificado por volume de produção, entre estabelecimentos que absorvem as populações bovinas com probabilidade pequena, média ou alta,

⁵ Carnes(PNCRC/Bovinos, PNCRC/Aves, PNCRC/Suínos, PNCRC/Equinos e PNCRC/Avestruz), PNCRC/Pescado, PNCRC/Leite, PNCRC/Mel e PNCRC/Ovos

conforme a categoria dos estabelecimentos, definida por seus volumes de produção. Tal sistema é definido por Brasil (1999), sendo compatível com o recomendado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação (FAO, 2009).

As variáveis que constituíram os dados primários resultaram de junção entre os registros preenchidos pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF), em cada uma das Requisições Oficiais de Análise (ROA), e os registros respectivos gerados pelos laboratórios da rede oficial do MAPA nos Certificados Oficiais de Análise (COA). O banco de dados primários contou com as seguintes variáveis: ano; semana; nº da análise; nº do SIF; status da análise; UF; município; espécie animal; tecido amostrado; nome do proprietário; nome da propriedade; CEP da propriedade e resultado da análise laboratorial, expresso em partes por bilhão (ppb).

Foram selecionados os registros, do estado de São Paulo, com status de análise concluída ou de violação, considerando a espécie bovina no período 2002 a 2010.

4.2 NÃO QUANTIFICAÇÕES, DETECÇÕES E VIOLAÇÕES

Utilizou-se o banco de dados do PNCRC, referente a metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio e mercúrio) em bovinos abatidos no Brasil. Os dados originais, específicos à identificação de cada bovino amostrado por SIF e com indicação do município de origem, foram compilados por unidade federativa.

Definiram-se três fenômenos para estudo: não quantificação (NQ), refere-se a resultados inferiores ao limite de quantificação (LQ) da técnica diagnóstica (BRASIL, 2009b item 4 do anexo 3), enquanto a detecção (det) é relativa aos valores iguais ou maiores que o LQ e ainda iguais ou inferiores ao teor máximo de contaminantes (TMC), definido na legislação. As violações relacionam-se a resultados superiores ao TMC. Para definição de tais pontos de corte foi utilizada a tabela 1.

Tabela 1 – Pontos de corte ($\mu\text{g/Kg}$) para definição de não quantificações, detecções e violações de metais pesados em bovinos abatidos, segundo contaminante, tecido (matriz) e referência técnico-científica. Brasil (PNCRC), 2002 - 2010

Metal pesado	Matriz	LQ (ppb)	TMC (ppb)	Referência
Cádmio	Músculo	50	100 ¹	Portaria 01/05; Portaria 50/06; IN 09/07
	Fígado	100	500	
	Rim	100	1000	
Arsênio	Músculo	10	1000 ²	
	Fígado	10	1000	
	Rim	10	1000	
Chumbo	Músculo	10	100	
	Fígado	200	500	
	Rim	200	500	
<u>Mercúrio</u>	Músculo	10 ³	10 ³	<u>IN 24/09;</u> <u>FAO/WHO,</u> <u>2010a</u>
	Fígado	10 ³	10 ³	
	Rim	-	-	

Notas:

1. O TMC europeu de Cd em músculo é de 50 ppb (UE, 2006). No Brasil, já se definiu o TMC de 50 ppb em 2005 para tal matriz, sendo o limite de 100 previsto apenas no ano de 2006. A partir de 2007, o escopo analítico tem sido exclusivo para rim na espécie bovina (vide apêndice C).

2. O TMC em músculo foi estabelecido como o das outras matrizes, constando de uma adaptação utilizada neste estudo, uma vez que ainda não foi considerado pela legislação nacional (vide apêndice C). Mercosul (2011) define o TMC de 500 ppb de arsênio em carne e os mesmos 1000 ppb da legislação nacional para miúdos.

3. 10 ppb é o limite de referência (item 7, IN24/09), uma vez que não há LMR para mercúrio em carnes bovinas (Brasil, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012). De qualquer forma, como exposição dietética total a mercúrio inorgânico de fontes alimentares “não-pescado e não-moluscos” existe uma tolerância provisória semanal de ingestão de 5 $\mu\text{g/kg}$ de peso do consumidor (WHO, 2010a, item 1.5).

Cada resultado expresso em partes por bilhão (ppb) foi categorizado como não quantificação “zero”, detecção “um” ou violação “dois”.

Os resultados, inicialmente organizados por semana de sorteio, foram reorganizados em meses, por meio de calendário⁶, com base na correspondência de semanas.

Os totais de cada uma das três categorias possibilitaram a geração de planilhas para dados mensais e anuais exclusivos, a partir de um compilado geral de anos e meses⁷ (vide apêndice I). O relatório gerado considerou a contagem do

⁶ <http://kalender-365.de/calendario-pt.php>, acesso em 02/06/2012

⁷ Função tabela dinâmica do Excel (Microsoft Office, v. 2010): disposição dos dados em colunas para ano, seguido por mês; dados em linhas para UF e valores relativos ao somatório dos resultados das categorias zero, um, ou dois. No campo “filtro” incluiu-se a variável código-resíduo, possibilitando a contagem separada das ocorrências de arsênio (401), mercúrio (402), chumbo (404) ou cádmio (406)

total de resultados para cada uma das categorias no conjunto de matrizes de análise disponível (músculo e/ou fígado e/ou rim).

Os resultados são independentes, oriundos de uma única matriz para cada bovino, tendo sido somados para o conjunto das matrizes, no momento da compilação em totais estaduais.

4.2.1 Detecções como Fator Predisponente às Violações de Metais Pesados no PNCRC

Para avaliar a relevância das detecções, como predisponentes às violações no PNCRC, os totais de detecções, violações e de análises realizadas no período 2002 a 2010 foram compilados, para cada metal pesado, segundo regional administrativa. As referidas regionais constam das Unidades Técnicas Regionais da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (UTRAs).

Os bovinos com níveis quantificáveis iguais superiores ao LQ foram identificados com a categoria “1” nas variáveis de detecção, utilizando-se a categoria “2” para indicar as violações. Desta forma, criaram-se as variáveis binárias pb1, cd1, pb2, cd2 para detecções e violações conforme designação 1 ou 2, respectivamente. Para arsênio foi criada apenas a variável as1, em vista de não ter ocorrido qualquer violação deste contaminante.

Utilizando-se o programa SPSS⁸ (SPSS, 2011) selecionaram-se os códigos referentes a chumbo (404) e depois cádmio (406) para avaliar a associação de pb2 com pb1 e depois de cd2 com cd1, por meio do teste exato de Fisher (chumbo) ou do teste de qui-quadrado com a correção de Yates (cádmio), utilizando-se a tabulação cruzada com as variáveis de violação nas colunas e as variáveis de detecção nas linhas.

O efeito das detecções nas violações foi avaliado pelo risco relativo, apenas para os metais em que a associação entre detecções e violações foi significativa.

Avaliou-se o efeito de áreas de altas e baixas detecções nas correspondentes áreas de violações. A definição de cada uma destas áreas levou em conta os valores de detecções ou violações de cada regional serem iguais ou inferiores a

⁸ IBM SPSS Statistics, v. 20.0.0

ocorrência mediana do estado de São Paulo para definir a baixa ocorrência ou serem superiores à referida mediana para categorizar as áreas de elevada ocorrência.

Para associações significantes, no teste de χ^2 com a correção de Yates ($p < 0,05$), os efeitos foram considerados significativos para resíduos padronizados ajustados $> |1,96|$. Para os casos de associações formalizadas pelos testes exatos de Fisher ($p < 0,05$) os resíduos padronizados ajustados devem ser $> |12,7|$ para assinalar efeito significativo a 5%, conforme previsto por Pereira (2010, p. 267-271).

O vínculo de áreas de elevadas / baixas detecções com as correspondentes em violações também foi avaliado considerando quão maior é o risco de elevada violação nas áreas expostas à elevada detecção, relativamente aquelas de baixa detecção para o caso de chumbo, tendo-se calculado o risco relativo entre os dois tipos de exposição. Para cádmio, o risco relativo avaliou se há ou não excesso de risco de baixa violação nas áreas expostas à baixa detecção, relativamente às áreas de elevada detecção.

4.2.2 Distribuição de Detecções de Metais Pesados nas Unidades Administrativas

As contagens totais do número de detecções anuais em cada UTRA foram utilizadas para gerar tabelas de contingência para comparação de cada uma daquelas unidades administrativas contra o conjunto das demais, para arsênio, chumbo e cádmio.

O teste de qui-quadrado⁹ foi empregado para averiguar associação entre região administrativa do município de origem dos animais e detecção de metais pesados nos SIFs, bem como para destacar qual das UTRAs apresenta ocorrência de detecções em níveis diferenciados do conjunto. Em virtude da geração de ta-

⁹ O teste exato de Fisher foi utilizado alternativamente ao teste de χ^2 , quando mais de 20% das caselas apresentaram frequência esperada menor que 5 e/ou quando qualquer casela apresentou frequência esperada menor que 1, segundo Pereira (2010, p. 255)

belas de contingência 2X2 foi usada a correção de Yates, quando da utilização dos testes de χ^2 , considerando um nível de significância de 5%.

O efeito das associações significativas foi medido com cálculo de razões de chances (Odds Ratio – OR) e risco relativo (RR), utilizando-se o Epiinfo 6.04 para cálculo de intervalos exatos de confiança, ou seja, daqueles formados a partir do teste exato de Fisher. Tais efeitos foram utilizados para indicar regiões de predileção para detecções de arsênio, cádmio ou chumbo no âmbito do PNCRC.

4.3 AVALIAÇÃO DESCRITIVA: TENDÊNCIA DAS DETECÇÕES DE METAIS PESADOS NO PNCRC

As tendências foram estabelecidas por modelos de regressão polinomial, calculados pelo programa SPSS, para os totais de detecções de cada um dos metais pesados avaliados. Utilizaram-se os dados referentes ao subprograma de monitoramento do PNCRC, considerando-se o período de 2006 a 2010.

Em virtude da disponibilidade de registros representar no máximo cinco pontos para cálculo de tendências anuais, optou-se por gerar apenas modelos de tendências para os dados mensais do período 2006 a 2010, possibilitando modelar variações referentes a até 60 pontos.

Avaliou-se, separadamente, o diagrama de dispersão da distribuição dos totais de detecções para cada metal pesado. A sugestão gráfica de tendência foi utilizada para selecionar o polinômio para cada modelo de regressão e, alternativamente, para descartar a modelagem, nos casos de ausência de variações sistemáticas nas contagens ao longo dos meses.

Para modelagem das tendências mensais, criou-se a variável sequência (seq) que assumiu valores de 1 a 60, correspondentes aos meses do período avaliado. A variável seq foi posteriormente centralizada, gerando-se a variável seqc (seqc=seq-30,5). Cada registro de seqc representa valor para distribuição equitativa, com centro na média=30,5 (posição 0) da variável seq.

Paralelamente à análise de tendência para as contagens de eventos de não quantificação, detecção ou violação legal de cada metal pesado também foi avali-

ada a variação na distribuição das concentrações medidas em ppb para os metais considerados.

A comparação das concentrações entre as regiões do estado foi levado a cabo com testes t de Student para os dados que apresentavam distribuição normal ou para amostras com $n \sim 30$, com base no teorema do limite central. Utilizaram-se também testes não paramétricos para comparação de *ranks* médios, no formato dois a dois (teste U de Mann-Whitney) ou pela análise de variância de Kruskal-Wallis (PETRIE; WATSON, 1999).

A distribuição das concentrações dos metais pesados foi avaliada mediante a construção de diagramas de caixas (*boxplot*).

A localização espacial das não quantificações, das detecções e das violações dos metais pesados considerados em conjunto (As, Hg, Pb, Cd) foi alocada no mapa temático do Brasil, tendo-se utilizado o programa arcGIS versão 9.2 (ARCGIS, 2010).

4.4 MODELAGEM DE REGRESSÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO

A modelagem considera a definição da variável independente, os preditores selecionados no projeto LUPA e o período avaliado do banco de dados para emprego dos critérios de análise estatística, que devem levar em conta a codificação das variáveis quantitativas em categóricas, ou seja, tercis ou medianas de ocorrência dos valores entre os municípios estudados.

4.5 VARIÁVEL DEPENDENTE

Criou-se a variável *detleg* (detecção legal) com as categorias “não detecção”(*detleg*=0); “detecção”(*detleg*=1) e “violação”(*detleg*=2). Não detecção significa resultado inferior ao limite de quantificação (LQ), enquanto detecção refere-se aos valores iguais ou maiores que o LQ e menores ou iguais ao teor máximo de

contaminante (TMC). Violação indica resultados superiores ao TMC para cada um dos metais pesados considerados.

A variável *detleg* foi utilizada para recodificação. Criou-se a variável contaminação (*contam*) com duas categorias apenas, sendo a categoria “0” indicativa de não detecção ($contam0=detleg0$) e a categoria “1” de detecção ou violação ($contam1=detleg1+2$). Esta abordagem foi empregada para possibilitar comparação entre ocorrências e não ocorrências de contaminação, preferencialmente à exploração das justificativas para detecções ou violações individualmente, opção influenciada pela escassez de dados caso se dispusesse a avaliar a última alternativa.

4.6 VARIÁVEIS INDEPENDENTES

Para identificação de fatores de risco para contaminação por metais pesados em bovinos, utilizou-se o **Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária** do estado de São Paulo - projeto LUPA (SÃO PAULO, 2008). Estes registros, disponíveis em acesso livre no sítio da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI¹⁰, foram utilizados como banco de dados secundários, após sua compilação em planilha única, a partir de transposição de linhas para colunas. O município foi utilizado como base de análise.

Em vista da impossibilidade de vinculação de cada resultado do PNCRC, específico a um bovino individual, com fatores respectivos à propriedade de origem deste animal, delineou-se um estudo ecológico.

Como a hipótese do trabalho focaliza na utilização de dados já existentes para condução de estudos epidemiológicos, como parte do interesse em utilizar dados rotineiros dos serviços oficiais como ferramenta para planejamento da gestão do PNCRC (BITTENCOURT et al., 2006), os registros sobre fatores produtivos das propriedades rurais do estado de São Paulo foram avaliados em busca de denominações que remetessem à possibilidade de veicular metais pesados

¹⁰ <http://www.cati.sp.gov.br>

por exposição direta (ex: fonte de água, tipo de alimentação e fatores condicionantes).

Dentre os fatores agropecuários nas fazendas, pesquisaram-se denominações que sugerissem a existência de alguma relação subjacente que favorecesse a exposição dos bovinos aos metais pesados (ex: utilização de confinamento nas propriedades rurais, mas não só).

Desta forma, buscou-se associação com metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio) em 110 variáveis dentre as disponíveis no banco de dados do projeto LUPA (2007/2008), tendo-se excluído aquelas cuja denominação não sugeria potencial para exposição dos bovinos quer direta ou indiretamente. Excluiu-se mercúrio dada a exiguidade de ocorrências.

As variáveis foram organizadas em 5 blocos, discricionariamente definidos conforme vinculação agropecuária (apêndice A).

A estruturação do estudo observacional do tipo ecológico considerou cada município como unidade de análise, admitindo a detecção de metais pesados como uma doença e os diferentes níveis dos fatores agropecuários, como seus supostos fatores de risco. Este delineamento possibilitou a comparação de detecções de metais pesados entre os municípios em que houve e aqueles em que não houve detecção/violação de cada metal pesado específico.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA MODELAGEM DE REGRESSÃO LOGÍSTICA

Para definição de risco, a partir de fatores agropecuários das propriedades, tendo o município como unidade de análise, as variáveis independentes foram categorizadas em mediana ou tercís de ocorrência de valores dos fatores produtivos distribuídos entre os municípios do estado de São Paulo.

As variáveis independentes consideraram a contagem total de atributos ou a porcentagem destes atributos. De qualquer forma, as unidades de produção agropecuária (UPAs) de cada município constituíram a célula para contabilização dos fatores produtivos cogitados como de risco.

Considerando que o município, composto por várias células, constituiu a unidade de análise para avaliação dos atributos como fatores de risco para con-

taminações, criaram-se níveis de manifestação dos fatores após ordenar sua distribuição nas UPAs, entre os municípios participantes do estudo. As comparações de risco diferencial foram realizadas por contraste entre categorias organizadas em mediana ou tercis de ocorrência das variáveis independentes.

O banco de dados elegível para as análises foi gerado a partir da exclusão de registros, mantendo na análise apenas resultados para municípios com não detecções exclusivas ou com detecções/violações exclusivas, evitando-se comparar municípios que tiveram tanto “não detecção” como detecções e/ou violações. Os municípios selecionados com tal critério foram considerados opostos semânticos no sentido de áreas de ocorrência e não ocorrência de contaminação pelos metais pesados avaliados.

Entre todos os registros do PNCRC do período 2002 a 2010, a exclusão de registros foi utilizada para manter apenas uma ocorrência (ou não ocorrência) por município na análise, de forma a atender a premissa de independência da variável dependente contaminação (*contam*).

Para cada metal pesado foi realizada inicialmente análise de associação com testes individuais de χ^2 (análises univariadas), entre a variável dependente *contam* ou *detleg* e cada uma das variáveis independentes.

As análises univariadas pesquisam a existência de associação significativa entre a variável dependente, no caso detecção (cádmio) ou contaminação (arsênio e chumbo), e cada variável independente avaliada individualmente. Tal avaliação consiste em testar a existência de associação entre as variáveis qualitativas em que se supõe relação de dependência e por este motivo as variáveis que não tenham sido colhidas como categóricas devem ser categorizadas previamente à análise. Neste estudo as variáveis independentes foram categorizadas em mediana ou tercis de ocorrência dos valores brutos obtidos do projeto LUPA.

Os testes cujo nível descritivo (valor de p) tenha sido inferior a 0,20 ($p < 0,20$), na análise univariada, possibilitaram a seleção das variáveis relacionadas para subsequente análise de regressão logística múltipla.

4.8 PERÍODO AVALIADO

Avaliou-se a relação entre os fatores produtivos das Unidades de Produção Agropecuária (UPAs) do estado de São Paulo e os resultados do PNCRC no período com sensibilidade analítica suficiente para identificar detecções, selecionando-se o período 2006 a 2010.

Para cada registro relativo a um município, considerado uma única vez, gerou-se uma base de dados secundários. Estes últimos foram obtidos de levantamento realizado pela Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo nos anos de 2007 e 2008. Desta forma, as “não detecções” de metais pesados, contrapostas às detecções e violações destes contaminantes pelo PNCRC, entre 2006 e 2010, foram consideradas respectivas aos fatores de produção identificados nos anos de 2007 e 2008.

4.9 CODIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Variável dependente *detleg*: 0 e 1 para arsênio e *contam*: 0 e 1 para cádmio e chumbo.

Variáveis independentes: categorização em tercís ou mediana de ocorrência para os fatores produtivos entre os municípios presentes no banco de dados.

4.9.1 Cádmio

O banco de dados utilizado foi de 2006 a 2010, dispondo de 98 registros para o conjunto total de não quantificações, detecções e violações. A variável contaminação (*contam*) representa variável binária tendo a categoria 1=*detleg*1+2 e a categoria 0=*detleg*0. A avaliação de cádmio iniciou contando com 44 registros de *contam*=0 e 54 registros de *contam*=1 (0,81 caso para cada controle), conside-

rando apenas um resultado para cada bovino avaliado por análises laboratoriais em músculo, fígado ou rim.

Para atendimento da premissa de independência entre os resultados (observações da variável dependente), excluíram-se os registros repetidos de um mesmo município. O critério de exclusão foi sorteio aleatório sistemático dentre a sequência no banco de dados. Excluiu-se o registro mais recente, depois o mais antigo e alternando tal providência até que restasse apenas um registro para cada município.

4.9.2 Chumbo

O banco de dados utilizado foi de 2006 a 2010, dispondo de 234 registros sobre quantificações de chumbo exclusivas em músculo, fígado ou rim, ou seja, de um único bovino, avaliado uma única vez. Criou-se a variável “*contam*” indicando contaminação por chumbo e representando *detleg1+2*. Identificaram-se os municípios em que ocorreram não detecções ($<LQ$), detecções ($LQ \leq det \leq TMC$) e violações ($>LMR$) de chumbo. Com tal abordagem a análise de associação entre contaminação por chumbo e os potenciais preditores iniciou contando com 24 registros de *contam*=1 e 155 registros de *contam*=0, ou seja, 6,46 casos para cada controle.

Para atendimento da premissa de independência entre os resultados, utilizou-se o critério de exclusão de registros repetidos, alternando-se entre o mais recente e mais antigo para cada município disposto em sequência no banco de dados. Para os registros de *contam*=0, a abordagem de excluir intercaladamente registros mais recentes e mais antigos, retornando ao início dos municípios organizados em ordem alfabética pelo filtro do Excel (EXCEL, 2010), originou 97 dados individuais de não contaminação nos municípios participantes. Para *contam*=1, o único município com mais de um resultado foi Presidente Bernardes. O mesmo critério de exclusão possibilitou a manutenção do registro mais antigo, sendo que 19 registros entraram na análise de associação. A análise de associação considerou 19 registros de *contam*=1 e 97 de *contam*=0, ou seja, 1 caso para 5,10 controles, totalizando 116 registros.

4.9.3 Arsênio

Para o período 2006 a 2010 os registros de não detecções (0) e detecções (1) separaram os municípios de forma a identificar aqueles em que somente houve não detecções; aqueles em que somente houve detecções e aqueles em que ocorreram tanto detecções como não detecções. Estes últimos foram excluídos das análises, objetivando-se identificar as diferenças apenas entre os municípios de ocorrência e de não ocorrência de contaminação por arsênio.

O critério de inclusão nesta modelagem foi ser município com exclusividade quer seja de detecção ou de não detecção de arsênio. Não houve qualquer violação de arsênio em bovinos no período estudado. Utilizando-se tal critério de inclusão, inicialmente se dispôs de 74 registros de não detecção e 47 registros de detecção. Destes, foram excluídos os registros duplicados para cumprimento da premissa de independência dos resultados, ou seja, cada município somente entrou na análise uma única vez.

Para iniciar a modelagem, consideraram-se 57 registros de não detecções e 39 registros de detecções (1,41 casos para cada controle). Tais registros foram obtidos após exclusão dos repetidos para um mesmo município. A opção para exclusão de registros foi feita mediante sorteio aleatório sistemático, arbitrariamente selecionando a exclusão do registro mais recente, depois o mais antigo, alternando-se subsequentemente a exclusão entre os registros repetidos para cada município no banco de dados.

4.9.4 Mercúrio

Mercúrio foi retirado das análises em vista da exiguidade de resultados, o que inviabilizou a modelagem da probabilidade de detecção deste metal. Dos dados do PNCRC para bovinos do estado de São Paulo de 2002 a 2010, constataram-se registros de sorteios para pesquisa de Hg nos anos de 2002 a 2007. Destes dados, houve apenas 3 resultados de 10 ppb. Todos os demais resultados foram de não detecção.

RESULTADOS

“Inocuidade alimentar pode ser definida como uma redução de morbidade, medida como diminuição na probabilidade de adoecer para a qual o consumidor está disposto a pagar um custo adicional” (Anne Stenger)

5 RESULTADOS

O gráfico 1 apresenta o total anual de detecções de arsênio, cádmio e chumbo entre 2002 e 2005 (período 1) e de 2006 a 2010 (período 2).

Gráfico 1 - Contagem de detecções por metal pesado em bovinos abatidos entre 2002-2005 e 2006-2010. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010

Legenda:

Período 1: 2002 a 2005; Período 2: 2006 a 2010

As: arsênio; Cd: cádmio; Pb: chumbo

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O gráfico 2 traz o “n” amostral sorteado entre 2002 e 2010 para pesquisas de contaminantes inorgânicos no âmbito do PNCRC para o Brasil e para o estado de São Paulo.

Gráfico 2 – Tamanho “n” de amostra definida pelo SISRES para bovinos abatidos por tipo de contaminante inorgânico. São Paulo (esquerda) e Brasil (direita). PNCRC, 2002 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O quadro 1 apresenta contingência das presenças e ausências de violações nos períodos 2002-2005 e 2006-2010 para o estado de São Paulo, como também o efeito das associações significativas¹¹, medido como resíduos padronizados ajustados.

¹¹ Associação de violação e período: Chumbo+Cádmio ($\chi^2=33,16$; 1 gl; $p=8,47E-09$); Chumbo ($\chi^2=8,91$; 1 gl; $p=2,84E-03$); Cádmio ($\chi^2=22,99$; 1 gl; $p=1,63E-06$)

Quadro 1 - Efeito da associação de violação e período para metais pesados em bovinos abatidos, conforme resíduos padronizados ajustados. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2005 e 2006 – 2010

Período	Dados	Chumbo+Cádmio ^{a,b}			Chumbo			Cádmio		
		Violação		Total	Violação		Total	Violação		Total
		não	sim		não	sim		não	sim	
2002 a 2005	Contagem (%)	724 _(100%)	0 _(0%)	724 _(100%)	138 _(100%)	0 _(0%)	138 _(100%)	136 _(100%)	0 _(0%)	136 _(100%)
	Res _{aj}	6,1	-6,1		3,3	-3,3		5,2	-5,2	
2006 a 2010	Contagem (%)	414 _(87,5%)	59 _(12,5%)	473 _(100%)	219 _(92,4%)	18 _(7,6%)	237 _(100%)	195 _(82,6%)	41 _(17,4%)	236 _(100%)
	Res _{aj}	-6,1	6,1 ^c		-3,3	3,3 ^d		-5,2	5,2 ^e	
	Total	688 _(92,1%)	59 _(7,9%)	747 _(100%)	357 _(95,2%)	18 _(4,8%)	375 _(100%)	331 _(89,0%)	41 _(11,0%)	372 _(100%)

Res_{aj}=resíduo padronizado ajustado da tabela de contingência

a. Excluiu-se arsênio dos cálculos, pois não houve qualquer violação

b. Excluiu-se mercúrio dos cálculos, dada à exiguidade de casos que levaria a 50% de frequências esperadas <5

c. Res_{aj} caracterizando excesso significativo ($p=1,06E-09$) da proporção de violações no período 2006 a 2010

d. Res_{aj} caracterizando excesso significativo ($p=0,001$) da proporção de violações no período 2006 a 2010

e. Res_{aj} caracterizando excesso significativo ($p=1,99E-07$) da proporção de violações no período 2006 a 2010

A comparação da média de sorteios anuais para pesquisas de arsênio, chumbo, mercúrio ou cádmio, entre os períodos 2002-2005 e 2006-2010, consta da tabela 2.

Tabela 2 – Comparação de médias (teste t) para o total anual de análises sorteadas (n) por período e tipo de contaminantes inorgânico. São Paulo (PNCRC), 2002-2010

Metal	Período	n	Média	dp	EPM	t ^{b,c}	gl	p
As	2002-2005	4	32,25	4,50	2,25	-1,77	7	0,120
	2006-2010	5	44,00	12,51	5,59			
Hg	2002-2005	4	7,25	5,19	2,59	0,05	4	0,962
	2006-2010 ^a	2	7,00	7,07	5,00			
Pb	2002-2005	4	34,50	7,59	3,80	-1,94	7	0,093
	2006-2010	5	47,40	11,33	5,07			
Cd	2002-2005	4	34,00	7,16	3,58	-2,09	7	0,075
	2006-2010	5	47,20	10,80	4,83			

a. Sorteios apenas até 2007

b. teste paramétrico, dada distribuição normal para as amostras de As (n=9; KSZ=0,664; p=0,769); Hg (n=6; KSZ=0,669; p=0,762); Pb (n=9; KSZ=0,576; p=0,894); Cd (n=9; KSZ=0,647; p=0,797)

c. Variâncias desconhecidas, mas iguais entre as amostras, conforme testes insignificantes (Levene) entre as amostras de As (F=5,138; p=0,058); Hg (F=0,353; p=0,584); Pb (F=0,227; p=0,648); Cd (F=0,194; p=0,673)

O quadro 2 mostra contingência das detecções presentes e ausentes nos períodos 2002-2005 e 2006-2010, além de apresentar os resíduos padronizados ajustados, como efeito das associações significantes¹².

Quadro 2 - Efeito da associação de detecção e período para metais pesados em bovinos abatidos, conforme resíduos padronizados ajustados. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2005 e 2006 – 2010

Período	Dados	As+Pb+Cd			Arsênio		
		Detecção		Total	Detecção		Total
		não	sim		não	sim	
2002 a 2005	Contagem (%)	403 _(100%)	0 _(0%)	403 _(100%)	129 _(100%)	0 _(0%)	129 _(100%)
	Res _{aj}	12,1	-12,1		8,4	-8,4	
2006 a 2010	Contagem (%)	489 _(70,6%)	204 _(29,4%)	693 _(100%)	130 _(59,1%)	90 _(40,9%)	220 _(100%)
	Res _{aj}	-12,1	12,1 ^a		-8,4	8,4 ^b	
	Total	892 _(81,4%)	204 _(18,6%)	1096 _(100%)	259 _(74,2%)	90 _(25,8%)	349 _(100%)
Período	Dados	Chumbo			Cádmio		
		Violação		Total	Violação		Total
		não	sim		não	sim	
2002 a 2005	Contagem (%)	138 _(100%)	0 _(0%)	138 _(100%)	136 _(100%)	0 _(0%)	136 _(100%)
	Res _{aj}	4,0	-4,0		8,2	-8,2	
2006 a 2010	Contagem (%)	211 _(89%)	26 _(11%)	237 _(100%)	148 _(62,7%)	88 _(37,3%)	236 _(100%)
	Res _{aj}	-4,0	4,0 ^c		-8,2	8,2 ^d	
	Total	349 _(93,1%)	26 _(6,9%)	375 _(100%)	284 _(76,3%)	88 _(23,7%)	372 _(100%)

Res_{aj}=resíduo padronizado ajustado da tabela de contingência

a. Res_{aj} caracterizando excesso significativo ($p \sim 0$) da proporção de violações no período 2006 a 2010

b. Res_{aj} caracterizando excesso significativo ($p \sim 0$) da proporção de violações no período 2006 a 2010

c. Res_{aj} caracterizando excesso significativo ($p=6,33E-05$) da proporção de violações no período 2006 a 2010

d. Res_{aj} caracterizando excesso significativo ($p \sim 0$) da proporção de violações no período 2006 a 2010

¹² Associação de detecção e período: Arsênio+Chumbo+Cádmio [$\chi^2=143,86$ (Yates); 1 gl; $p=3,87E-33$]; Arsênio [$\chi^2=68,99$ (Yates); 1 gl; $p=9,90E-17$]; Chumbo [$\chi^2=14,611$ (Yates); 1 gl; $p=1,32E-04$]; Cádmio [$\chi^2=64,38$ (Yates); 1 gl; $p=1,024E-15$]

5.1 DETECÇÕES COMO FATOR PREDISPONENTE ÀS VIOLAÇÕES DE METAIS PESADOS NO PNCRC

O compilado, do período 2002-2010, referente às detecções, violações e análises realizadas em bovinos abatidos de cada UTRA para os metais pesados arsênio, chumbo e cádmio, consta da tabela 3.

Tabela 3 – Totais de detecções e de violações em bovinos abatidos por tipo de metal pesado e UTRA. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

UTRA	DETECÇÕES			VIOLAÇÕES			ANÁLISES		
	As	Cd	Pb	As	Cd	Pb	As	Pb	Cd
aru	18	23	3	0	7	5	85	89	88
ara	3	0	0	0	0	0	5	6	6
btu	8	8	6	0	4	1	27	28	28
cps	2	2	0	0	1	1	14	15	15
gua	2	4	0	0	2	0	8	8	8
ipa	8	2	1	0	4	2	10	13	15
mar	9	10	4	0	6	3	39	42	41
pru	13	16	5	0	6	3	54	59	58
rao	13	12	4	0	5	0	43	47	46
sjr	13	11	3	0	3	2	61	65	64
			r ^a	0,846		0,361			
			N ^a	10		10			
			p ^a	0,002**		0,306			
Regressão linear									
Modelo	r ²	0,715			0,130				
	Viol.cd=1,416+0,271*det.cd			Viol.pb=1,009+0,266*det.pb ^b					
	(F=20,058; 1;8 gl; p=0,002)			(F=1,197; 1; 8 gl; p=0,306)					

a. R, n, p: correlação linear entre detecções e violações para Cd e Pb, respectivamente

b. Modelo não significativo

** Correlação significativa (p<0,01)

A relação das detecções (pb-1) com violações (pb-2) de chumbo figuram na tabela 4, referindo-se aos dados totais do PNCRC para o estado de São Paulo.

Tabela 4 – Relação entre detecções (pb-1 e cd-1) e violações (pb-2 e cd-2) de cádmio e chumbo em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

	pb-2			Total		cd-2			Total
	não	sim				não	sim		
pb-1	não	329	17	346	cd-1	não	243	38	281
	sim	26	0	26		sim	88	0	88
Total		355	17	372	Total		331	38	369
						χ^2 ^(b)	11,84	RR ^c	0,86
						gl	1	IC95%	
p(Fisher) ^a						p	0,01	0,83	0,91

a. Deve-se preferir o p-valor do teste exato de Fisher, pois 25% das células apresentam frequência esperada < 5

b. Estatística qui-quadrado com a correção de Yates (tabela de contingência 2X2)

c. Razão 243/281/88/88, considerando o risco de não violações nos não expostos a detecções em relação àquele dos expostos.

5.1.1 Distribuição de Detecções de Metais Pesados nas Unidades Administrativas

A distribuição de metais pesados consta da tabela 5, que mostra a predileção geográfica para detecção de cada tipo de metal pesado, segundo Unidade Técnica Regional da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (UTRA).

Tabela 5 – Predileção de detecções de metais pesados, segundo região administrativa do Ministério da Agricultura (UTRA). São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010 (Continua)

Cd				Pb				As			
ara	não	sim	total	ara	Não	sim	total	ara	não	sim	total
não	275	88	363	não	340	26	366	não	255	86	341
sim	6	0	6	sim	6	0	6	sim	2	3	5
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
p(Fisher)	0,342			p(Fisher)	1,000			p(Fisher)	0,110		

Cd				Pb				As			
aru	não	sim	total	aru	Não	sim	total	aru	não	sim	total
não	216	65	281	não	260	23	283	não	190	71	261
sim	65	23	88	sim	86	3	89	sim	67	18	85
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
χ^2	0,188 ^a			χ^2	1,681 ^a			χ^2	0,924 ^a		
gl	1			gl	1			gl	1		
p	0,664			p	0,195			p	0,336		

Cd				Pb				As			
btu	não	sim	total	btu	Não	sim	total	btu	não	sim	total
não	261	80	341	não	324	20	344	não	238	81	319
sim	20	8	28	sim	22	6	28	sim	19	8	27
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
χ^2	0,144 ^a							χ^2	0,065 ^a		
gl	1							gl	1		
p	0,704			p(Fisher)	0,008			p	0,799		

Cd				Pb				As			
cps	não	sim	total	cps	Não	sim	total	cps	não	sim	total
não	268	86	354	não	331	26	357	não	245	87	332
sim	13	2	15	sim	15	0	15	sim	12	2	14
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
p(Fisher)	0,383			p(Fisher)	0,612			p(Fisher)	0,532		

Cd				Pb				As			
gua	não	sim	total	gua	Não	sim	total	gua	não	sim	total
não	277	84	361	não	338	26	364	não	251	87	338
sim	4	4	8	sim	8	0	8	sim	6	2	8
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
p(Fisher)	0,096			p(Fisher)	1,000			p(Fisher)	1,000		

a: Estatística qui-quadrado com correção de continuidade de Yates (tabela de contingência 2X2)

Tabela 5 – Predileção de detecções de metais pesados, segundo região administrativa do Ministério da Agricultura (UTRA). São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010 (Conclusão)

Cd				Pb				As			
ipa	não	sim	total	ipa	não	Sim	total	ipa	não	sim	total
não	268	86	354	não	334	25	359	não	255	81	336
sim	13	2	15	sim	12	1	13	sim	2	8	10
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
p(Fisher)	0,383			p(Fisher)	1,000			p(Fisher)	0,000		

Cd				Pb				As			
mar	não	sim	total	mar	não	Sim	total	mar	não	sim	total
não	250	78	328	não	308	22	330	não	227	80	307
sim	31	10	41	sim	38	4	42	sim	30	9	39
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
χ^2	0,000 ^a			χ^2	0,043 ^a			χ^2	0,043 ^a		
gl	1			gl	1			gl	1		
p	1,000			p(Fisher)	0,516			p	0,836		

Cd				Pb				As			
pru	não	sim	total	pru	não	Sim	total	pru	não	sim	total
não	239	72	311	não	292	21	313	não	216	76	292
sim	42	16	58	sim	54	5	59	sim	41	13	54
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
χ^2	0,313 ^a			χ^2	0,017 ^a			χ^2	0,017 ^a		
gl	1			gl	1			gl	1		
p	0,576			p(Fisher)	0,582			p	0,895		

Cd				Pb				As			
rao	não	sim	total	rao	não	Sim	total	rao	não	sim	total
não	247	76	323	não	303	22	325	não	227	76	303
sim	34	12	46	sim	43	4	47	sim	30	13	43
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
χ^2	0,038 ^a			χ^2	0,288 ^a			χ^2	0,288 ^a		
gl	1			gl	1			gl	1		
p	0,845			p(Fisher)	0,554			p	0,592		

Cd				Pb				As			
sjr	não	sim	total	sjr	não	Sim	total	sjr	não	sim	total
não	228	77	305	não	284	23	307	não	209	76	285
sim	43	11	64	sim	62	3	65	sim	48	13	61
total	281	88	369	total	346	26	372	total	257	89	346
χ^2	1,474 ^a			χ^2	0,500 ^a			χ^2	0,500 ^a		
gl	1			gl	1			gl	1		
p	0,225			p(Fisher)	0,593			p	0,480		

a: Estatística qui-quadrado com correção de continuidade de Yates (tabela de contingência 2X2)

As microrregiões de predileção para detecção de chumbo, na região administrativa associada a tais detecções, figura na tabela 6.

Tabela 6 – Desdobramento das detecções preferenciais de chumbo na UTRA Botucatu, segundo microrregiões e identificação dos municípios componentes. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010

Utra		Pb-1		
Botucatu*	não	sim	Total	
não	324	20	344	
sim	22	6	28	
Total	346	26	372	
p(Fisher)		0,008		

Utra	Microrregião	Município	Pb
Botucatu	Avaré	Cerqueira César	1
	Bauru	Avaí	1
	Bauru	Bauru	1
	Bauru	Lençóis Paulista	1
	Botucatu	Botucatu	1
	Botucatu	Conchas	1
	Avaré		1
	Bauru		3
	Botucatu		2

Botucatu**	Pb-1 ^a			Bauru	Pb-1 ^a			Avaré	Pb-1 ^a		
	sim	não	Total		sim	não	Total		sim	não	Total
sim	2	3	5	sim	3	14	17	sim	1	5	6
não	24	202	226	não	23	332	355	não	25	200	225
Total	26	205	231	Total	26	346	372	Total	26	205	231

p(Fisher)	0,099		p(Fisher)	0,107		p(Fisher)	0,516	
OR	5,61							
IC95%OR***	0,44 - 50,92							

*UTRA inteira

** Somente microrregião de Botucatu

*** Limites exatos de confiança

a - Partição do qui-quadrado da UTRA BTU inteira*, gerada de contagens em tabela dinâmica cruzando-se as categorias das variáveis binárias em cada microrregião

O efeito de risco das detecções de metais pesados nas regionais administrativas do estado de São Paulo é apresentado na tabela 7.

Tabela 7 – Efeito de risco das regiões administrativas do Ministério da Agricultura (UTRA) para detecção de metais pesados em bovinos abatidos, por tipo de contaminante inorgânico estatisticamente associado à UTRA. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010

Detecção (Cd-1)						
Gua	sim	não	total	OR	IC95%	
sim	4	4	8	3,30	0,68	16,08
não	84	277	361	RR	IC95%	
total	88	281	369	2,15	1,05	4,41
Detecção (Pb-1)						
Btu	sim	não	total	OR	IC95% ^b	
sim	6	22	28	4,42	1,31	12,92
não	20	324	344	RR	IC95%	
total	26	346	372	3,69	1,61	8,43
Detecção (As-1)						
lpa	sim	não	total	OR	IC95% ^c	
sim	8	2	10	12,59	2,42	122,98
não	81	255	255	RR	IC95%	
total	89	257	346	3,32	2,31	4,77

^a - Efeito de risco das associações significativas demonstradas na tabela 5, medido como OR e RR

^b - Limites exatos de confiança Fisher pelo EPINFO 6.04 (função *statcalculator*), IC95% do método de Cornfield (mais imprecisos): 1,42 |-| 13,23

^c - Limites exatos de confiança Fisher pelo EPINFO 6.04 (função *statcalculator*), IC95% do método de Cornfield (mais exatos, porém menos imprecisos, neste caso): 2,41 |-| 87,71

Na tabela 8 apresenta-se a associação entre UTRAs de elevadas e baixas detecções com aquelas de altas e baixas violações de metais pesados conforme teste de χ^2 com a correção de Yates.

Tabela 8 – Vínculo entre áreas de baixa / alta detecção e baixo / alta violação de chumbo e cádmio, conforme mediana dos totais de detecções e violações respectivas no conjunto das UTRAs. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010

Detecções(1) ^a ou violações(2) ^a						mediana ^b					
pb1						3,0					
pb2						1,5					
cd1						9,0					
cd2						4,0					
catpb2 ^c						catcd2 ^c					
		alta	baixa	Total				baixa	alta	Total	
catpb1 ^c	alta	Contagem	101	75	176	catcd1 ^c	baixa	Contagem	72	0	72
		Res _{ai}	-6,0	6,0			Res _{ai}	12,4	-12,4		
	baixa	Contagem	167	29	196		alta	Contagem	64	233	297
		Res _{ai}	6,0	-6,0			Res _{ai}	-12,4	12,4		
Total	Contagem	268	104	372	Total	Contagem	136	233	369		
χ^2 (Yates)						χ^2 (Yates)					
gl						gl					
p						p					
Risco relativo(RR)						Risco relativo(RR)					
0,67 ^d						4,64 ^e					
IC 95% RR						IC 95% RR					
0,59 0,77						3,74 5,77					

a. Pb1; cd1; pb2; cd2 contabilizaram as detecções e violações de chumbo e cádmio, respectivamente, tendo as medianas calculadas a partir dos valores da tabela 3.

b. Detecções de arsênio foram suprimidas pois não há registro de violações

c. Cat=categorização dos valores em baixa e alta ocorrência, aplicável às detecções de chumbo (pb1), de cádmio (cd1) e às violações respectivas (pb2 e cd2)

d. Razão da elevada violação entre os expostos à elevada detecção relativamente aos expostos à baixa detecção (101/176/167/196)

e. Razão da baixa violação entre os expostos à baixa detecção relativamente aos expostos à elevada detecção (72/72/64/297)

As razões entre os totais de detecções, não detecções, violações e análises realizadas para cada tipo de contaminante consta da tabela 9.

Tabela 9 – Razões de resultados para cádmio, chumbo e arsênio, segundo total por UTRA em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010

UTRA	RAZÕES ^a								
	Cd				Pb				As
	det/viol	ndet/det	det/an	viol/an	det/viol	ndet/det	det/an	viol/an	det/an
ARU	3,29	2,52	0,26	0,08	0,60	27,00	0,03	0,06	0,21
ARA	b	b	0	0	b	b	0	0	0,60
BTU	2,00	2,00	0,29	0,14	6,00	3,50	0,21	0,04	0,30
CPS	2,00	6,00	0,13	0,07	0	b	0	0,07	0,14
GUA	2,00	0,50	0,50	0,25	b	b	0	0	0,25
IPA	0,50	4,50	0,13	0,27	0,50	10,00	0,08	0,15	0,80
MAR	1,67	2,50	0,24	0,15	1,33	8,75	0,10	0,07	0,23
PRU	2,67	2,25	0,28	0,10	1,67	10,20	0,08	0,05	0,24
RAO	2,40	2,42	0,26	0,11	b	10,75	0,09	0	0,30
SJR	3,67	4,55	0,17	0,05	1,50	20,00	0,05	0,03	0,21

a. Calculadas a partir da tabela 3

b. Não calculado para denominador nulo

ndet=não detecções; det=detecções; an.=total de análises realizadas para cada contaminante; viol=violações

As estatísticas descritivas das concentrações de chumbo, cádmio e arsênio por UTRA figuram na tabela 10.

Tabela 10 – Estatísticas descritivas das concentrações de metal pesado por UTRA. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010

Metal	UTRA	N	Média	IC 95%			Percentis ^a		Rank médio ^d	
				LI	LS	25	50	75		
Pb	ARA	6	3,23	-5,04	11,50	0	0,005	0,060	205,67	
	ARU	89	21,96	b	b	0	0	0,000	176,11	
	BTU	28	55,57	b	b	0	0	93,685	223,91	
	CPS	15	22,24	b	b	0	0	0,090	199,90	
	GUA	8	c	c	c	c	c	c	130,50	
	IPA	13	38,85	b	b	0	0	0,060	201,38	
	MAR	42	28,62	b	b	0	0	0,230	193,81	
	PRU	59	23,43	b	b	0	0	0,080	192,37	
	RAO	47	20,72	b	b	0	0	0,000	174,67	
	SJR	65	20,43	b	b	0	0	0,030	182,16	
							Rank médio	U Mann-Whitney	p	
H0: $\bar{x}_{btu} = \bar{x}_{UTRAs}$				Assumir var. $\neq$			223,91	3768,50	0,018	
				t	gl	p	183,45			
?Var= F=13,941 (p=0,000)				1,89	28,92	0,068				
Metal	UTRA	N	Média	IC 95%			Percentis ^a		Rank médio ^e	
				LI	LS	25	50	75		
Cd	ARA	6	7,08	-11,12	25,28	0	0	0,010	114,58	
	ARU	88	58,39	b	b	0	0,020	108,000	175,30	
	BTU	28	125,65	b	b	0	0,091	124,125	195,52	
	CPS	15	32,71	b	b	0	0,020	0,305	168,63	
	GUA	8	107,34	48,38	166,30	47,095	138,260	158,500	251,31	
	IPA	15	180,20	-35,14	395,55	0	0,260	135,165	200,67	
	MAR	41	97,90	b	b	0	0,015	107,000	184,54	
	PRU	58	79,99	b	b	0	50,000	116,000	207,32	
	RAO	46	62,22	b	b	0	0,185	112,000	188,82	
	SJR	64	57,61	b	b	0	0,081	71,500	169,54	
							Rank médio	U Mann-Whitney	p	
H0: $\bar{x}_{gua} = \bar{x}_{UTRAs}$				Assumir var. =			251,31	913,500	0,065	
				t	gl	p	183,53			
?Var= F=0,530 (p=0,467)				0,58	367,00	0,563				
Metal	UTRA	N	Média	IC 95%			Percentis ^a		Rank médio ^f	Rank médio ^g
				LI	LS	25	50	75		
As	ARA	5	10,32	-1,37	22,02	0,050	16,570	17,000	235,70	234,50
	ARU	85	7,56	b	b	0	0,001	2,960	173,30	172,39
	BTU	27	8,58	b	b	0	0,026	10,080	200,15	199,11
	CPS	14	5,65	b	b	0	0	0,031	151,25	150,54
	GUA	8	6,65	b	b	0	0	11,080	142,88	142,13
	IPA	10	61,02	14,42	107,63	20,000	43,000	83,200	307,90	h
	MAR	39	13,12	b	b	0	0	0,030	158,44	157,51
	PRU	54	9,49	b	b	0	0	0,120	161,56	160,63
	RAO	43	14,51	b	b	0	0	17,375	180,72	179,30
	SJR	61	9,57	b	b	0	0	0,026	159,09	158,07
							Rank médio	U Mann-Whitney	p	
H0: $\bar{x}_{ipa} = \bar{x}_{UTRAs}$				Assumir var. $\neq$			307,90	336,000	3,185E-06	
				t	gl	p	169,50			
?Var= F=15,854 (p=0,000)				2,48	9,09	0,035				

?Var= é um questionamento sobre as variâncias das amostras em comparação serem iguais

a. Tukey's Hinges

b. Intervalos de confiança calculados apenas para UTRAs que apresentaram distribuição normal

c. [Pb] é 0 quando UTRA = GUA. Estatísticas não calculadas

d. Teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2=12,309$; 9 gl; p=0,196)

e. Teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2=12,234$; 9 gl; p=0,200)

f. Teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2=30,924$; 9 gl; p=3,051E-04)

g. Teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2=9,819$; 8 gl; p=0,278): todas as UTRAs, exceto Ipanema

h. UTRA Ipanema excluída da análise

A tabela 11 sumariza os testes de normalidade na distribuição das concentrações de chumbo para três séries de dados, considerando o total de 2002 a 2010 em geral, depois os dados superiores a 150 ppb e então os registros superiores a 200 ppb. Apresenta também a comparação de médias para as quantificações de chumbo nos bovinos abatidos entre a UTRA Botucatu e as demais regiões administrativas do MAPA, no estado de São Paulo neste período, dispondo lado a lado os resultados de testes não paramétricos e paramétricos.

Tabela 11 – Comparação das concentrações médias de chumbo entre bovinos de corte oriundos da UTRA Botucatu e das demais regionais, por métodos paramétricos e não paramétricos. São Paulo (PNCRC), 2002 - 2010

Filtro ^a	UTRApbBTU ^b	N	Parâmetros nor- mais		Diferenças mais extremas			KSZ ^c	p
			Média	DP	Absoluta	Positiva	Negativa		
404	0	344	22,38	59,73	0,46	0,46	-0,35	8,55	0,000
	1	28	55,57	91,22	0,37	0,37	-0,27	1,96	0,001
	0+1	372	24,88	63,10	0,45	0,45	-0,35	8,77	0,000
			Teste U de Mann-Whitney				Test t de Student		
			Rank médio	$\sum rank$	U	p	Levene (F=13,94; p=0,000)		
			0	344	183,45	63108,50	3768,50	0,018	Assumir variâncias diferentes
			1	28	223,91	6269,50			T gl p
									1,89 28,92 0,068
Filtro	UTRApbBTU	N	Parâmetros nor- mais		Diferenças mais extremas			KSZ	p
			Média	DP	Absoluta	Positiva	Negativa		
404>=200	0	7	289,25	77,97	d	d	d	D	d
	1	3	258,06	58,80	d	d	d	D	d
	0+1	10	279,89	71,05	0,21	0,21	-0,13	0,66	0,781
			Teste U de Mann-Whitney				Test t de Student		
			Rank médio	$\sum rank$	U	p	Levene (F=0,691; p=0,430)		
			0	7	5,86	41,00	8,00	0,569	Assumir variâncias iguais
			1	3	4,67	14,00			t gl p
									-0,61 8,00 0,556
Filtro	UTRApbBTU	N	Parâmetros nor- mais		Diferenças mais extremas			KSZ	p
			Média	DP	Absoluta	Positiva	Negativa		
404>=150	0	24	205,28	69,14	d	d	d	D	d
	1	5	227,01	59,91	d	d	d	D	d
	0+1	29	209,03	67,15	0,26	0,26	-0,19	1,39	0,042
			Teste U de Mann-Whitney				Test t de Student		
			Rank médio	$\sum rank$	U	p	Levene (F=0,004; p=0,949)		
			0	24	14,00	336,00	36,00	0,181	Assumir variâncias iguais
			1	5	19,80	99,00			t gl p
									0,65 27,00 0,520

a. Dados de chumbo em geral (cod.res=404), para os dados superiores a 150 ppb (cod.res=404&resultadoanalise>=150) ou a 200 ppb (cod.res=404&resultadoanalise>=200)

b. Comparação das concentrações de chumbo entre a UTRA Botucatu (UTRApbBTU=1) e as demais UTRAs (UTRApbBTU=0)

c. Estatística z do teste de Kolmogorov-Smirnov

d. Não calculadas estatísticas do teste de Kolmogorov-Smirnov para subamostras em razão da normalidade detectada no conjunto

A variação nos níveis de chumbo em bovinos abatidos, medidos em $\mu\text{g/kg}$ (ppb), segundo UTRA, consta do gráfico 3.

Gráfico 3 – Variação nas concentrações de chumbo (ppb) entre os resultados de contaminação (detecções + violações) em bovinos abatidos, por regional administrativa. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

Resultado de análise é constante e igual a zero para UTRA GUA

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A variação nos níveis de chumbo (ppb) entre bovinos de corte da UTRA Botucatu e do conjunto das demais regionais administrativas do estado de São Paulo é apresentada no gráfico 4.

Gráfico 4 - Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A variação nos níveis de chumbo superiores a 10 ppb em bovinos de corte da UTRA Botucatu e no conjunto das demais UTRAs de São Paulo figura no gráfico 5.

Gráfico 5 - Distribuição de concentrações de chumbo superiores a 10 ppb em bovinos abatidos entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A distribuição de níveis de chumbo superiores a 150 ppb em bovinos de corte da UTRA Botucatu e no conjunto das demais UTRAs de São Paulo consta do gráfico 6.

Gráfico 6 - Distribuição de concentrações de chumbo superiores a 150 ppb em bovinos abatidos entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A distribuição de níveis de chumbo superiores a 200 ppb em bovinos abatidos oriundos da UTRA Botucatu e do conjunto das demais regiões administrativas é apresentada no gráfico 7.

Gráfico 7 - Distribuição de concentrações de chumbo superiores a 200 ppb em bovinos abatidos entre a UTRA Botucatu e o conjunto das demais. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A distribuição de níveis de chumbo entre os resultados maiores do que 10 $\mu\text{g/kg}$ (ppb) em bovinos abatidos consta do gráfico 8, segundo UTRA.

Gráfico 8 – Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, por UTRA, considerando exclusivamente resultados superiores a 10 ppb. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

1 (ara); 2 (aru); 3 (btu); 4(cps); 5 (gua); 6 (ipa); 7 (mar); 8 (pru); 9 (rao); 10 (sjr)

1: possui apenas um resultado superior a 10 (19, 31 ppb)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A distribuição de níveis de chumbo em bovinos abatidos, segundo UTRA, entre os resultados maiores do que 150 µg/kg (ppb) consta do gráfico 9.

Gráfico 9 – Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, por UTRA, considerando exclusivamente resultados superiores a 150 ppb. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

2 (aru); 3 (btu); 4 (cps); 6 (ipa); 7 (mar); 8 (pru); 9 (rao); 10 (sjr)

4: possui um único resultado ≥ 150 (203,28 ppb)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A distribuição de níveis de chumbo entre os resultados maiores do que 200 microgramas/kg (ppb) em bovinos abatidos, segundo UTRA, consta do gráfico 10.

Gráfico 10 – Distribuição de concentrações de chumbo em bovinos abatidos, por UTRA, considerando exclusivamente resultados superiores a 200 ppb. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

2 (aru); 3 (btu); 4 (cps); 6 (ipa); 7 (mar); 9 (rao)

4, 6, 7: não há resultados ≥ 200 ppb, o mesmo para 1 (ara) não inclusa no gráfico

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A variação nos níveis de cádmio (ppb) em bovinos abatidos entre os resultados de quantificações por UTRA, consta do gráfico 11.

Gráfico 11 – Variação nas concentrações de cádmio (ppb) entre os resultados de contaminação (detecções + violações) em bovinos abatidos por regional administrativa. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A variação nos níveis de arsênio (ppb) nos resultados de quantificações em bovinos abatidos consta do gráfico 12, segundo UTRA.

Gráfico 12 – Variação nas concentrações de arsênio (ppb) entre os resultados de contaminação (detecções + violações) em bovinos abatidos por regional administrativa. São Paulo (PNCRC), 2002 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

5.2 DISTRIBUIÇÃO CRONOLÓGICA DE METAIS PESADOS

Os totais anuais do período 2006 a 2010 para o conjunto de metais pesados no PNCRC em bovinos abatidos são apresentados no gráfico 13, considerando as categorias de resultados (não quantificação, detecção, violação legal) para o Brasil. No gráfico 14 as mesmas categorias são apresentadas para o estado de São Paulo isoladamente.

Gráfico 13 - Total anual de resultados de não quantificação, detecção e violação para metais pesados em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 14 - Total anual de resultados de não quantificação, detecção e violação para metais pesados em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A modelagem de tendência por regressão linear das violações anuais para o conjunto de metais pesados consta do quadro 3.

Quadro 3 – Tendência linear decrescente para o total anual de violações do conjunto de metais pesados pesquisados pelo PNCRC em bovinos abatidos. Brasil, jan/2006 – dez/2010

Variável dependente	Soma de quadrados	gl	Média quadrática	F	valor p	r ² *	Modelo	Coeficientes		t	valor p
								B	EP		
nº violações anuais	67897,600	1	67897,600	17,01	0,026	0,800	ano	-82,40	19,98	-4,12	,026
	11976,400	3	3992,133				Constante	165595,20	40120,50	4,13	,026
	79874,000	4									

*r² refere-se ao coeficiente de determinação ajustado

A avaliação de tendência por regressão linear das detecções anuais consta do quadro 4 e considera o conjunto de contaminantes inorgânicos monitorados pelo PNCRC em bovinos abatidos.

Quadro 4 – Avaliação de tendência para detecções anuais do conjunto de metais pesados (arsênio+cádmio+chumbo+mercúrio), considerando sugestão linear do diagrama de dispersão. Brasil (PNCRC), 2006 a 2010

Modelo sugerido pelo diagrama de dispersão	F	gl	p
linear	3,45	1;3	0,160

A distribuição de não quantificações, detecções e violações do conjunto de metais pesados monitorados pelo PNCRC figura nos mapas 1 a 5, considerando o período 2006 a 2010, segundo UF.

O mapa 1 compila os registros de não quantificações de arsênio, mercúrio, chumbo e cádmio. As detecções são consideradas apenas para arsênio, chumbo e cádmio, enquanto as violações referem-se somente a mercúrio, chumbo e cádmio.

Mapa 1 – Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2006

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

No mapa 2 pode-se observar o somatório de não quantificações de arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio e também das detecções de arsênio, chumbo e cádmio, além das violações de mercúrio, chumbo e cádmio.

Mapa 2 – Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2007

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A distribuição do conjunto de metais pesados pesquisados pelo PNCRC em bovinos abatidos no ano de 2008, considera o somatório de não quantificações e das detecções de arsênio, chumbo, cádmio e também das violações de chumbo e cádmio (Mapa 3).

Mapa 3 – Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2008

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O mapa 4 ilustra a distribuição conjunta das não quantificações e das detecções de arsênio, chumbo e cádmio, bem como das violações de chumbo e cádmio em bovinos abatidos no Brasil, no ano de 2009.

Mapa 4 – Distribuição de eventos quantitativos no conjunto de metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2009

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O mapa 5 apresenta o perfil geográfico de não quantificações e detecções de arsênio, chumbo e cádmio em conjunto, além das violações exclusivas de cádmio nos bovinos abatidos no Brasil em 2010.

Mapa 5 – Distribuição de eventos quantitativos do conjunto metais pesados (arsênio, chumbo, cádmio), por UF e categoria de evento em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), 2010

5.2.1 Detecções de Arsênio (401)

A distribuição do total de resultados de detecções, por ano e UF participante do PNCRC, consta do gráfico 15.

Gráfico 15 - Distribuição do total de detecções anuais de arsênio por UF e total. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

5.2.2 Detecções, Violações e Não Quantificações de Mercúrio (402)

A distribuição do total de resultados de detecções de mercúrio por ano e UF participante do PNCRC consta da tabela 12.

Tabela 12 - Total anual de resultados não quantificáveis (zero), de detecção (um) e de violação (dois) na pesquisa de mercúrio (402) em bovinos abatidos, segundo UF de origem. Brasil (PNCRC), 2006 - 2007

ANO	BA	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PR	RO	RS	SC	SP	TO	Total
Zero															
2006	-	1	6	1	3	24	18	2	5	6	3	0	9	2	80
2007	1	-	6	-	1	3	4	1	0	2	2	1	2	-	23
Total zero	1	1	12	1	4	27	22	3	5	8	5	1	11	2	103
Um															
2006	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
Total um	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dois															
2006	-	0	3	0	1	0	4	2	2	0	2	1	3	1	19
2007	0	-	0	-	0	3	2	0	1	0	2	0	0	-	8
Total dois	0	0	3	0	1	3	6	2	3	0	4	1	3	1	27

5.2.3 Detecções de Chumbo (404)

A distribuição dos totais anuais figura na tabela 13, apresentando a casuísta de detecções de chumbo no Brasil e em cada UF.

Tabela 13 – Totais de detecções de chumbo em bovinos abatidos por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010

Ano	AC	AM	BA	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PR	RO	RS	SC	SE	SP	TO	Brasil
2006	-	-	0	0	9	0	4	18	21	4	6	3	4	2	-	12	3	86
2007	-	-	1	1	10	-	0	14	19	0	1	1	1	1	-	9	3	61
2008	0	-	0	0	5	-	0	5	5	2	2	0	-	0	-	1	1	21
2009	0	0	-	1	2	0	5	5	5	2	0	2	0	0	-	2	0	24
2010	-	1	0	2	4	2	7	2	5	2	0	1	0	0	0	2	1	29
Total	0	1	1	4	30	2	16	44	55	10	9	7	5	3	0	26	8	221

5.2.4 Detecções de Cádmio (406)

Os totais de detecções anuais de cádmio em bovinos abatidos estão apresentados na tabela 14, considerando cada UF e o conjunto representando o Brasil.

Tabela 14 – Totais de detecções de cádmio em bovinos abatidos por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010

Ano	AC	AM	BA	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PR	RO	RS	SC	SE	SP	TO	Brasil
2006	-	-	1	3	10	0	7	25	35	6	2	6	6	3	-	9	4	117
2007	-	-	0	2	6	-	7	17	21	0	4	5	1	2	-	8	2	75
2008	3	-	0	3	24	-	9	40	33	3	15	2	-	6	-	15	3	156
2009	2	0	-	4	29	1	20	40	48	2	16	14	7	11	-	24	5	223
2010	-	3	2	6	35	2	20	27	37	4	26	10	15	7	1	32	15	242
Total	5	3	3	18	104	3	63	149	174	15	63	37	29	29	1	88	29	813

5.3 TENDÊNCIAS DAS SÉRIES HISTÓRICAS

As tendências foram estabelecidas pela sugestão gráfica dos diagramas de dispersão, suscitando a posterior modelagem de polinômios correspondentes, levando em conta as detecções de cada um dos contaminantes considerados.

5.3.1 Diagramas de Dispersão

O gráfico 16 apresenta a dispersão das totais mensais de detecções de arsênio em bovinos abatidos no período 2006 a 2010, por UF e no conjunto do Brasil.

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
(continua)
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 16 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (conclusão)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O gráfico 17 apresenta a dispersão das totais mensais de detecções de chumbo em bovinos abatidos no período 2006 a 2010, por UF e no conjunto do Brasil.

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 17 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (conclusão)
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O gráfico 18 apresenta a dispersão das totais mensais de detecções de cádmio em bovinos abatidos. Considera a distribuição por UF e no conjunto do Brasil no período 2006 a 2010.

Gráfico 18 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 18 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 18 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 18 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 18 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 18 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (continuação)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 18 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF e no conjunto nacional. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010 (conclusão)

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O Gráfico 19 representa o ajuste de um modelo de 3º grau para os totais mensais de detecções de cádmio no estado do Acre.

Gráfico 19 – Ajuste cúbico (modelo: $1,135+0,089*seqc-0,042*seqc^2+0,002*seqc^3$) para o total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos. Acre (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

5.3.2 Modelos de Tendência

Os modelos de tendência foram construídos para o total de detecções mensais de cada contaminante avaliado, por UF participante do PNCRC no período 2006 a 2010.

5.3.2.1 Detecções de Arsênio (401)

Foram gerados modelos para as tendências significativas ($p < 0,05$) entre os meses do período de estudo, referentes a algumas unidades federativas (Quadro 5). Não foram gerados modelos para os estados de AM; MA; PA; SE (Quadro 6).

Quadro 5 – Tendências significativas para total mensal de detecções de arsênio por UF, período, tipo de modelo e variável dependente em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010

UF	período	Tipo de modelo	Variável dependente	Modelagem	Soma de quadrados	gl	Média quadrática	F	valor p	r ² *	Modelo	Coeficientes		t	valor p
AC	mai/08 a out/09	linear	detecções(1)	Regressão	0,8710	1	0,8710	8,90	0,0200	0,497		B	EP		
				Resíduo	0,6850	7	0,0980				mes-seqc	-0,06100	0,0200		
				Total	1,5560	8					Constante	0,65700	0,1790		
MG	jan/06 a dez/08	quadrático	detecções(1)	Regressão	8,372	2	4,186	5,30	0,0120	0,242	mes-seqc	-0,15045	,050	-3,0220	0,0060
				Resíduo	19,735	25	0,789				mes-seqc ²	-0,00600	,002		
				Total	28,107	27					Constante	0,42592	,271		
MS	jan/06 a dez/10	cúbico	detecções(1)	Regressão	37,821	3	12,607	3,71	0,0170	0,123	mes-seqc	-0,10530	0,0349	-3,0133	0,0039
				Resíduo	186,857	55	3,397				mes-seqc ²	-0,00130	0,0009		
				Total	224,678	58					mes-seqc ³	0,00020	0,0001		
											Constante	2,16210	0,3587		
MT	jan/06 a dez/10	cúbico	detecções(1)	Regressão	49,584	3	16,528	4,48	0,0070	0,152	mes-seqc	-0,11591	0,03639	-3,1850	0,0020
				Resíduo	203,06	55	3,692				mes-seqc ²	-0,00116	0,00093		
				Total	252,644	58					mes-seqc ³	0,00021	0,00006		
											Constante	2,78994	0,37355		
PR	jan/06 a nov/10	linear	detecções(1)	Regressão	3,374	1	3,374	4,28	0,0440	0,087	mes-seqc	0,01600	0,0080	2,0700	0,0440
				Resíduo	35,435	45	0,787				Constante	0,90200	0,1310		
				Total	38,809	46									
SP	jan/06 a dez/10	cúbico	detecções(1)	Regressão	39,121	3	13,04	6,90	0,0010	0,244	mes-seqc	-0,07669	0,02644	-2,9010	0,0050
				Resíduo	98,237	52	1,889				mes-seqc ²	0,00084	0,00068		
				Total	137,357	55					mes-seqc ³	0,00018	0,00004		
											Constante	1,33315	0,28179		
Total	jan/06 a dez/10	cúbico	detecções(1)	Regressão	953,509	3	317,836	7,45	0,0003	0,285	mes-seqc	-0,46912	0,12187	-3,849	0,0003
				Resíduo	2390,225	56	42,683				mes-seqc ²	-0,00031	0,00315		
				Total	3343,733	59					mes-seqc ³	0,00096	0,00021		
											Constante	9,82714	1,26544		

*r² refere-se ao coeficiente de determinação ajustado

Total refere-se ao Brasil

Os modelos com tendências não significativas ($p>0,05$) constam do quadro 6.

Quadro 6 – Tendências não significativas, segundo tipo de modelo testado e UF-base para total de detecções de arsênio em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), período 2006 – 2010

UF	Modelo sugerido pelo diagrama de dispersão	F	gl	p
BA	quadrático	0,304	2;5	0,75
ES	linear	0,704	1;23	0,41
GO	linear	1,036	1;57	0,313
MG	quadrático (período jan/09 a dez/10)	1,071	2;20	0,244
PA	quadrático	1,994	2;35	0,151
RO	quadrático	0,994	2;46	0,378
RS	quadrático bifásico	2,07	3;27	0,128
SC	quadrático	0,808	2;22	0,549
TO	quadrático bifásico	1,182	2;29	0,321

5.3.2.2 Detecções de Chumbo (402)

Geraram-se modelos para as tendências significativas ($p<0,05$) entre os meses do período de estudo, referentes a algumas unidades federativas (Quadro 7; 11). No quadro 8 apresentam-se o estados para os quais não foram gerados modelos de tendências.

Quadro 7 – Tendências significativas para total mensal de detecções de chumbo por UF, período, tipo de modelo e variável dependente em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010

UF	período	Tipo de modelo	Variável dependente	Modelagem	Soma de quadrados	gl	Média quadrática	F	valor p	r2*	Modelo	Coeficientes		t	valor p
MS	jan/06 a dez/10	linear	detecções(1)	Regressão	11,7590	1	11,7590	9,48	0,003	0,126		B	EP		
				Resíduo	71,9750	58	1,2410				seqc	-0,02600	0,00800	-3,08	0,003
				Total	83,7330	59					Constante	0,73300	0,14400	5,10	0,000
MT	jan/06 a dez/10	cúbico	detecções(1)	Regressão	12,4486	3	26,2116	5,03	0,004	0,173	seqc	-0,08964	0,02496	-3,59	0,001
				Resíduo	109,2802	55	95,5172				seqc ** 2	-0,00037	0,00063	-0,58	0,564
				Total	121,7288	58	121,7288				seqc ** 3	0,00012	0,00004	2,75	0,008
							Constante				1,02665	0,25620	4,01	0,000	
PR	jan/06 a nov/10	linear	detecções(1)	Regressão	1,2767	1	1,2767	5,15	0,028	0,077	seqc	-0,00919	0,00405	-2,27	0,028
				Resíduo	12,1351	49	0,2477				Constante	0,17998	0,06970	2,58	0,013
				Total	13,4118	50									
SP	jan/06 a dez/10	cúbico	detecções(1)	Regressão	8,560	3	2,853	4,79	0,005	0,169	seqc	-0,05244	0,01463	-3,585	,001
				Resíduo	31,580	53	0,5959				seqc ** 2	0,00005	0,00038	,121	,904
				Total	40,140	56					seqc ** 3	0,00007	0,00002	2,808	,007
							Constante				0,43011	0,15771	2,727	,009	
BRASIL	jan/06 a dez/10	cúbico	detecções(1)	Regressão	301,9967	3	100,6656	5,03	0,004	0,170	seqc	-0,30737	0,08346	-3,68	0,001
				Resíduo	1120,9866	56	20,0176				seqc ** 2	0,00000	0,00215	0,00	0,999
				Total	1422,9833	59					seqc ** 3	0,00041	0,00014	2,88	0,006
							Constante				3,68377	0,86661	4,25	0,000	

*r² refere-se ao coeficiente de determinação ajustado

Quadro 8 – Modelos de tendências não significativas, segundo tipo de polinômio testado e UF, considerando detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010

UF	Modelo sugerido pelo diagrama de dispersão	F	gl	p	Obs
AC	nenhum	-	-	-	9 pontos no diagrama de dispersão são de 0 detecções (modelo não gerado)
AM	nenhum	-	-	-	Diagrama de dispersão 7 pontos são de 0 detecções e apenas 1 de detecção (modelo não gerado)
ES	quadrático	0,384	2;23	0,685	Tendência insignificante
GO	linear	3,048	1;57	,086	Tendência insignificante
MA	nenhum	-	-	-	De 11 resultados mensais, 9 são de não detecções (modelo não gerado)
PA	nenhum	-	-	-	Pontos distribuem-se como 1 ou 0 detecções no diagrama de dispersão (modelo não gerado)
RO	nenhum	-	-	-	Pontos distribuem-se como 1 ou 0 detecções no diagrama de dispersão (modelo não gerado)
RS	quadrático	1,098	2;29	,347	Tendência insignificante
SC	nenhum	-	-	-	Pontos distribuem-se como 1 ou 0 detecções no diagrama de dispersão (modelo não gerado)
SE	nenhum	-	-	-	Resultados referem-se a um único ponto no diagrama de dispersão (modelo não gerado)
TO	linear	4,092	1;33	,051	Tendência insignificante

5.3.2.3 Detecções de Cádmio (406)

Foram gerados modelos para as tendências significativas ($p < 0,05$) entre os meses do período de estudo, referentes aos estados de GO; MG; PR; RO; RS; SP; TO e ao conjunto representando as tendências do Brasil (Quadro 9).

Quadro 9 – Tendências significativas para total mensal de detecções de cádmio por UF, período, tipo de modelo e variável dependente em bovinos abatidos. Brasil (PNCRC), jan/2006 – dez/2010

UF	período	Tipo de modelo	Variável dependente	Modelagem	Soma de quadrados	gl	Média quadrática	F	valor p	r ² *	Modelo	Coeficientes		t	valor p
												B	EP		
GO	jan06 a dez10	linear	detecções(1)	regressão	40,272	1	40,272	22,42	0,000	,270	seqc	0,04794	0,01013	4,73	0,000
				resíduo	102,406	57	1,797				Constante	1,74524	0,17454		
				total	142,678	58									
MG	jan06 a dez10	linear	detecções(1)	regressão	11,732	1	11,732	10,61	0,002	,156	seqc	0,02617	0,00803	3,26	0,002
				resíduo	56,381	51	1,106				Constante	1,16868	0,14456		
				total	68,113	52									
PR	jan06 a nov10	linear	detecções(1)	regressão	36,156	1	36,156	30,02	0,000	,367	seqc	0,04890	0,00892	5,48	0,000
				resíduo	59,020	49	1,204				Constante	1,21660	0,15372		
				total	95,176	50									
RO	fev06 a dez10	cúbico	detecções(1)	regressão	8,214	3	2,738	3,34	0,027	,128	seqc	0,05546	0,01859	2,98	0,005
				resíduo	36,847	45	,819				seqc ** 2	0,00022	0,00049		
					45,061	48					seqc ** 3	-0,00007	0,00003		
											Constante	0,72349	0,19934		
RS	jan06 a out10	quadrático	detecções(1)	regressão	11,631	2	5,816	11,18	0,000	,396	seqc	0,02799	0,00654	4,28	0,000
				resíduo	15,088	29	,520				seqc ** 2	0,00145	0,00053		
				total	26,719	31					Constante	0,36387	0,24308		
SP	jan06 a dez10	linear	detecções(1)	regressão	41,922	1	41,922	15,74	0,000	,211	seqc	0,04882	0,01230	3,97	0,000
				resíduo	143,793	54	2,663				Constante	1,56794	0,21806		
				total	185,714	55									
TO	mar06 a nov10	linear	detecções(1)	regressão	5,926	1	5,926	11,47	0,002	,235	seqc	0,02236	0,00660	3,39	0,002
				resíduo	17,045	33	,517				Constante	0,79120	0,12198		
				total	22,971	34									
BRASIL	jan06 a dez10	cúbico	detecções(1)	regressão	1666,262	3	555,421	10,66	0,000	,329	seqc	0,50955	0,13463	3,78	0,000
				resíduo	2916,588	56	52,082				seqc ** 2	0,00252	0,00347		
				total	4582,850	59					seqc ** 3	-0,00042	0,00023		
											Constante	12,79451	1,39785		

*r² refere-se ao coeficiente de determinação ajustado

Não foram gerados modelos para os estados de AC; AM; BA; ES; MA; MS; MT; PA; SC; SE (Quadro 10).

Quadro 10 – Tendências não significativas, segundo tipo de modelo testado e UF-base para total de detecções de cádmio. PNCRC (bovinos abatidos), período 2006 – 2010

UF	Modelo sugerido pelo diagrama de dispersão	F	gl	p	obs
AC	cúbico	7,354	3; 4	0,042	1
AM	quadrático	2,132	2;5	0,214	-
BA	quadrático	1,131	2;5	0,393	-
ES	linear	1,288	1;23	0,268	-
MA	linear	1,022	1;9	0,338	-
MS	cúbico	2,100	3;56	0,111	-
MT	cúbico	1,933	3;55	0,135	-
PA	linear	,320	1;37	0,575	-
SC	cúbico	1,267	3;22	0,310	-
SE	pontual	-	-	-	2

1: modelo cúbico significativo ($p < 0,05$), dado por: $1,135 + 0,002 \cdot \text{seqc}^3 - 0,042 \cdot \text{seqc}^2 + 0,89 \cdot \text{seqc}$. Não considerado significativo por representar tendências de variações entre 0 e 1 detecções mensais

2: não foi gerado modelo por constatar-se uma única detecção mensal

O quadro 11 representa modelos alternativos ao quadro 7 para detecções de chumbo.

Quadro 11 – Tendências significativas em modelos lineares alternativos ao quadro 7 para o total de detecções de chumbo em bovinos abatidos, por UF. Brasil (PNCRC), período 2006 – 2010

UF	Período	Tipo de modelo	Variável dependente	Modelagem	Soma de quadrados	gl	Média quadrática	F	valor p	r ² *	Modelo	Coeficientes		t	valor p
												B	EP		
MT	jan/06 a dez/10	linear	detecções(1)	Regressão	12,449	1	12,449	6,49	0,014	0,087	seqc	-0,027	0,010	-2,548	0,014
				Resíduo	109,280	57	1,917				Constante	0,924	0,180		
				Total	121,729	58									
SP	jan/06 a dez/10	linear	detecções(1)	Regressão	3,861	1	3,861	5,85	0,019	0,080	seqc	-0,015	0,006	-2,419	0,019
				Resíduo	36,279	55	,660				Constante	0,453	0,108		
				Total	40,140	56									
BRASIL	jan/06 a dez/10	linear	detecções(1)	Regressão	135,671	1	135,671	6,11	0,016	0,080	seqc	-0,087	0,035	-2,472	0,016
				Resíduo	1287,312	58	22,195				Constante	3,683	0,608		
				Total	1422,983	59									

*r² refere-se ao coeficiente de determinação ajustado

O gráfico 20 ilustra o ajuste de modelos de tendência para os totais de detecções de arsênio em meses centralizados, conforme o tipo de polinômio indicado no quadro 2 em cada UF considerada.

Gráfico 20 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF.
Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 20 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF.
 Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 20 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF.
Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 20 - Distribuição do total de detecções mensais de arsênio em bovinos abatidos, por UF. Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
(conclusão)
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O gráfico 21 ilustra o ajuste de modelos de tendência, para os totais de detecções de chumbo em meses centralizados, conforme o tipo de polinômio indicado no quadro 7 em cada UF considerada.

Gráfico 21 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF.
 Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 21 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF.
 Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 21 - Distribuição do total de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos, por UF.
Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O gráfico 22 ilustra o ajuste de modelos de tendência para os totais de detecções de cádmio em meses centralizados, conforme o tipo de polinômio indicado no quadro 9 em cada UF considerada.

Gráfico 22 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF.
 Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
 (continua)
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 22 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF.
 Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 22 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF.
 Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
 Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

Gráfico 22 - Distribuição do total de detecções mensais de cádmio em bovinos abatidos, por UF.
Brasil (PNCRC), 2006 – 2010
Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

5.4 MODELAGEM ESTATÍSTICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO

Para identificação de fatores de risco entre as variáveis independentes, oriundas do projeto LUPA, foi utilizada categorização de seus valores em medianas ou tercís de ocorrência. Isto foi feito para inicialmente pesquisar a associação dos referidos preditores entre os municípios com a contaminação por cada analito, utilizando-se o teste de qui-quadrado.

Posteriormente, avaliou-se o efeito conjunto dos fatores produtivos na probabilidade de contaminação calculada pela modelagem de regressão logística múltipla.

5.4.1 Arsênio

Os níveis descritivos (p-valores) dos testes χ^2 entre a variável dependente “detecção legal de arsênio” (*detleg*, com categorias 0=ausência; 1=presença) e cada uma das variáveis independentes categorizadas em tercís de ocorrência¹³ são apresentados, a seguir, para as análises univariadas significativas ($p < 0,20$):

Nposec ($p=0,005$); Numufi ($p=0,024$); Narpas ($p=0,030$); Npocon ($p=0,031$); Npogin ($p=0,042$); Nninst ($p=0,048$); Npejur ($p=0,064$); Narbra ($p=0,085$); Nporju ($p=0,115$); Nresup ($p=0,123$); Nnarpa ($p=0,126$); Npuapr ($p=0,140$); Nconfi ($p=0,158$); Nupcos ($p=0,186$); Npadso ($p=0,200$).

O modelo final construído a partir da mediana de narpa (Mednarpa) e das variáveis posec, pocon e pogin categorizadas em tercil consta do quadro 12. A

¹³ As variáveis independentes testadas constam do apêndice A. Na sequência serão explicitados os significados das siglas das variáveis associadas ($p < 0,20$) às detecções legais de arsênio, sendo que o “N” sinaliza o N-til (tercil): Nposec (Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 2º grau); Numufi (Número de UPAs que utilizam mudas fiscalizadas); Narpas (Número de UPAs com pastagem); Npocon (Percentual de UPAs que utilizam confinamento de bovinos); Npogin (Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 1º grau); Nninst (Número de UPAs cujo proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta); Npejur (Número de UPAs cadastradas como Pessoa Jurídica); Narbra (Número de UPAs que possuem braquiária); Nporju (Percentual de UPAs cadastradas como Pessoa Jurídica); Nresup (Número de UPAs cujo proprietário reside na própria UPA); Nnarpa (Área total com pastagem); Npuapr (Percentual de UPAs que utilizam somente assistência técnica privada); Nconfi (Número de UPAs que utilizam confinamento de bovinos); Nupcos (Número de UPAs que utilizam práticas de conservação de solo, quando necessário); Npadso (Percentual de UPAs que fazem adubação mineral, quando necessário)

equação 1 apresenta a probabilidade de contaminação por arsênio em bovinos abatidos a partir das variáveis do referido quadro.

Quadro 12 - Probabilidade de contaminação por arsênio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercil das variáveis posec, pocon, pogin e a mediana da variável narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Preditores ¹	Comparação ^c	Categorias ^(a, b)	β	EP	Wald	gl	p	Exp ^{β} =OR	IC (95%) OR	
									Inferior	Superior
Nposec ^a		4-35			14,676	2	0,001			
	1º tercil	4-15,20						1,000 ^c		
	Nposec(1)	15,21-18,67	-3,470	0,915	14,387	1	0,000	0,031	0,005	0,187
	Nposec(2)	18,68-35	-1,587	0,780	4,133	1	0,042	0,205	0,044	0,945
Npocon ^a		0,1-7,4			10,197	2	0,006			
	1º tercil	0,1-1,0						1,000 ^c		
	Npocon(1)	1,1-2,17	2,638	0,885	8,874	1	0,003	13,981	2,465	79,292
	Npocon(2)	2,18-7,4	2,438	0,831	8,618	1	0,003	11,456	2,249	58,356
Npogin ^a		4,0-34,1			10,548	2	0,005			
	1º tercil	4,0-10,8						1,000 ^c		
	Npogin(1)	10,9-13,66	-1,170	0,654	3,202	1	0,074	0,311	0,086	1,118
	Npogin(2)	13,67-34,1	-2,526	0,785	10,357	1	0,001	0,080	0,017	0,372
Mednarpa ^b		184,4-361.295,8								
	Mednarpa(1)	184,4-19.522,4	1,736	0,671	6,686	1	0,010	5,673	1,522	21,142
	2º cinquentil	19.522,5-361.295,8						1,000 ^c		
Constante			0,010	0,632	0,000	1	0,987	1,010		

Legenda:

1. Medidas de adequação/desempenho para último passo da modelagem:

Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=5,628$; 8 gl; p=0,689);

Deviance: 85,808 (inicial=125,016); $r^2=46,5\%$ (Nagelkerke)

a. Valores medidos em porcentagem; b. Valores medidos em hectares

Posec - Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 2º grau (ou antigo colegial)

Pocon - Percentual de UPAs que utilizam confinamento de bovinos

Pogin - Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 1º grau (ou antigo ginásial)

Narpa - Área total com pastagem (hectares)

N – abreviatura de N-tilas, no caso indicando tertiles (tercis de valores)

Nposec(1) - comparação do tercil 2 com o tercil 1; Nposec (2) - comparação do tercil 3 com o tercil 1

Npocon(1) - comparação do tercil 2 com o tercil 1; Npocon (2) - comparação do tercil 3 com o tercil 1

Npogin(1) - comparação do tercil 2 com o tercil 1; Npogin (2) - comparação do tercil 3 com o tercil 1

Mednarpa(1) - comparação da metade menor com a maior

c. A categoria de referência é indicada pela OR=1,000: Para Nposec, Npocon, Npogin o tercil 1 é a categoria de referência; Para Mednarpa os 50% maiores valores compõe a categoria de referência

A codificação das variáveis indicadoras (*dummies*) consta do apêndice H. Os parâmetros de codificação definem os sinais (1) e (2) considerados acima

Equação 1:

$$\text{Prob(Det.As)} = \frac{1}{1 + e^{-[0,010 - 2,470 \cdot \text{Nposec}(1) - 1,587 \cdot \text{Nposec}(2) + 2,638 \cdot \text{Npocon}(1) + 2,438 \cdot \text{Npocon}(2) - 1,170 \cdot \text{Npogin}(1) - 2,526 \cdot \text{Npogin}(2) + 1,726 \cdot \text{Mednarpa}(1)]}}$$

Na equação 2 observa-se a probabilidade de detecção de arsênio, após alteração do quadro 12 para considerar a mediana da variável pogin, enquanto sua modelagem correspondente consta do quadro 13, apresentando as probabilidades de detecções de arsênio para os tercís de posec, pocon e as medianas de pogin e narpa.

Equação 2:

$$\text{Prob(Det.As)} = \frac{1}{1 + e^{-[0,128 - 3,150 \cdot \text{Nposec}(1) - 1,269 \cdot \text{Nposec}(2) + 1,440 \cdot \text{Mednarpa}(1) + 2,126 \cdot \text{Npocon}(1) + 2,133 \cdot \text{Npocon}(2) - 1,715 \cdot \text{Medpogin}(1)]}}$$

Quadro 13 - Probabilidade de contaminação por arsênio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercíl das variáveis posec, pocon e a mediana das variáveis pogin e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Preditores	Comparação ^c	Categorias ^(a, b)	β	EP	Wald	gl	p	Exp ^β =OR	IC (95%) OR	
									Inferior	Superior
Nposec ^a		4-35			14,259	2	0,001			
	1º tercíl	4-15,20						1 ^c		
	Nposec(1)	15,21-18,67	-3,150	0,842	13,979	1	0,000	0,043	0,008	0,223
	Nposec(2)	18,68-35	-1,269	0,707	3,224	1	0,073	0,281	0,070	1,123
Npocon ^a		0,1-7,4			9,368	2	0,009			
	1º tercíl	0,1-1,0						1 ^c		
	Npocon(1)	1,1-2,17	2,126	0,764	7,744	1	0,005	8,382	1,875	37,470
	Npocon(2)	2,18-7,4	2,133	0,759	7,899	1	0,005	8,437	1,907	37,335
Medpogin ^a		4,0-34,1								
	1º cinquentil	4,0-12,20						1 ^c		
	Medpogin(1)	12,21-34,10	-1,715	0,587	8,539	1	0,003	0,180	0,057	0,568
Mednarpa ^b		184,4-361.295,8								
	Mednarpa(1)	184,4-19.522,4	1,440	0,617	5,452	1	0,020	4,219	1,260	14,125
	2º cinquentil	19.522,5-361.295,8						1 ^c		
Constante			0,128	0,625	0,042	1	0,838	1,136		

Legenda:
1. Medidas de adequação/desempenho para último passo da modelagem:
Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow (χ²=4,371; 8 gl; p=0,822);
Deviance : 89,226 (inicial=125,016); r²=43,2% (Nagelkerke)
a. Valores medidos em porcentagem; b. Valores medidos em hectares
c. A categoria de referência é indicada pela OR=1,000: Para Nposec e Npocon o tercíl 1 é a categoria de referência; Para Medpogin o 1º cinquentil é a categorias basal e para Mednarpa os 50% maiores valores compõe a categoria de referência. Vide apêndice B a respeito da categorização de variáveis

A eficiência do modelo (Quadro 12) na previsão de probabilidades de detecção de arsênio ($detleg=1$), a partir dos tercís das variáveis posec, pocon, pogin e da mediana de narpa, consta do gráfico 23.

Gráfico 23 – Características da operação do receptor (curva ROC) para detecções de arsênio em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010

Legenda:

Curva calculada a partir do modelo da equação 1

Sensibilidade: razão de verdadeiras detecções identificadas pelo modelo

1- Especificidade: razão de falsas detecções identificadas pelo modelo

Área sob a curva=0,854; EP=0,039; $p=8,15E-09$; IC(95%): 0,779 -| 0,930

O segmento diagonal refere-se à previsão aleatória de detecção ou não detecção

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A análise de resíduos do modelo previsto pela equação 1 consta do gráfico 24.

Gráfico 24 – Análise de resíduos da probabilidade de detecções de arsênio em bovinos abatidos, estimada por modelo logístico. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

1. $Deviance = -2\{\ln[L(\text{modelo reduzido})] - \ln[L(\text{modelo saturado})]\}$. Fonte: Latorre (2009)

Mudança na deviance: quadrado dos resíduos "estudentizados"

Detecções ausentes: curva da esquerda inferior progredindo para direita superior

Detecções presentes: curva da esquerda superior progredindo para direita inferior

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A eficiência do modelo (Quadro 13) na previsão de probabilidades de detecção de arsênio ($detleg=1$), a partir dos tercís das variáveis posec, pocon e da mediana de pogin e narpa, consta do gráfico 25.

Gráfico 25 – Características da operação do receptor (curva ROC) para detecções de arsênio em bovinos abatidos, utilizando-se os tercís de posec, pocon e as medianas de pogin e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

Curva calculada a partir do modelo da equação 2

Sensibilidade: razão de verdadeiras detecções identificadas pelo modelo

1-Especificidade: razão de falsas detecções identificadas pelo modelo

Área sob a curva=0,838; EP=0,041; $p=3,75E-08$; IC(95%): 0,759 -| 0,918

O segmento diagonal refere-se à previsão aleatória de detecção ou não detecção

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

No quadro 14 é apresentado modelo alternativo ao quadro 12 constando da previsão de probabilidades de detecção de arsênio segundo os tercís de posec, pogin e as medianas de pocon e narpa.

Quadro 14 - Probabilidade de contaminação por arsênio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercís das variáveis posec, pogin e a mediana das variáveis pocon e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Preditores ¹	Comparação ^c	Categorias ^(a, b)	β	EP	Wald	gl	p	Exp(β)=OR	IC (95%) OR	
									Inferior	Superior
Nposec ^a		4-35			14,947	2	0,001			
	1º tercís	4-15,20						1 ^c		
	Nposec(1)	15,21-18,67	-3,492	0,914	14,579	1	0,000	0,030	0,005	0,183
	Nposec(2)	18,68-35	-1,569	0,775	4,102	1	0,043	0,208	0,046	0,951
Medpocon ^a		0,1-7,4								
	1º cinquentil	0,1-1,5						1 ^c		
	Medpocon(1)	1,51-2,17	2,518	0,789	10,198	1	0,001	12,409	2,645	58,211
Npogin ^a		4,0-34,1			10,536	2	0,005			
	1º tercís	4,0-10,8						1 ^c		
	Npogin(1)	10,9-13,66	-1,192	0,651	3,357	1	0,067	0,304	0,085	1,087
	Npogin(2)	13,67-34,1	-2,503	0,777	10,367	1	0,001	0,082	0,018	0,376
Mednarpa ^a		184,4-361.295,8								
	Mednarpa(1)	184,4-19.522,4	1,754	0,670	6,860	1	0,009	5,777	1,555	21,465
	2º cinquentil	19.523,5-361.295,8						1 ^c		
Constante			0,015	0,632	0,001	1	0,982	1,015		

Legenda:

1. Medidas de adequação/desempenho para último passo da modelagem:

Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=7,293$; 8 gl; $p=0,505$);

Deviance : 85,902 (inicial=125,016); $r^2=46,4\%$ (Nagelkerke)

a. Valores medidos em porcentagem; b. Valores medidos em hectares

c. A categoria de referência é indicada pela OR=1,000: Para Nposec e Npogin o tercís 1 é a categoria de referência. Para Medpocon o 1º cinquentil é a categoria de referência. Para Mednarpa a categoria de referência consta do 2º cinquentil

A eficiência do modelo (Quadro 14) na previsão de probabilidades de detecção de arsênio ($detleg=1$), a partir dos tercís das variáveis posec, pogin e da mediana de pocon e narpa, consta do gráfico 26.

Gráfico 26 – Características da operação do receptor (curva ROC) para detecções de arsênio em bovinos abatidos, utilizando-se os tercís de posec, pogin e as medianas de pocon e narpa. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

Curva calculada a partir do modelo do quadro 14

Sensibilidade: razão de verdadeiras detecções identificadas pelo modelo

1- Especificidade: razão de falsas detecções identificadas pelo modelo

Área sob a curva=0,854; EP=0,039; $p=8,54E-09$; IC(95%): 0,778 -| 0,930

O segmento diagonal refere-se à previsão aleatória de detecção ou não detecção

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

5.4.2 Chumbo

A tabela 15 apresenta os resíduos padronizados ajustados relativos ao efeito de risco da vegetação de brejo e várzea (arbre) sobre a contaminação por chumbo.

Tabela 15 - Resíduos padronizados ajustados da tabela de contingência. Distribuição da contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo tercís dos percentuais de área de brejo e várzea entre as UPAs dos municípios (arbre). São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010

			Tercis de arbre			
			1	2	3	Total
Contam	0	Contagem	36	27	34	97
		Resíduo Ajustado	1,8	-2,6	0,7	
	1	Contagem	3	11	5	19
		Resíduo Ajustado	-1,8	2,6	-0,7	
Total		Contagem	39	38	39	116

O efeito da associação individual do percentual de uso de análise de solo (panso) na contaminação por chumbo (*contam*) foi calculado a partir de uma tabela de contingência 3X2 (Tabela 16).

Tabela 16 - Resíduos padronizados ajustados da tabela de contingência. Distribuição da contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo tercís dos percentuais de uso da análise de solo (panso). São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010

			Tercis de panso			Total
			1	2	3	
Contam	0	Contagem	35	28	34	97
		Resíduo Ajustado	1,7	-2,4	0,7	
	1	Contagem	3	11	5	19
		Resíduo Ajustado	-1,7	2,4	-0,7	
Total		Contagem	38	39	39	116

Os níveis descritivos (p-valores) dos testes χ^2 entre a variável dependente “contaminação de chumbo” (*contam*, categorias 0=ausência; 1=presença de níveis quantificáveis) e cada uma das variáveis independentes, categorizadas em tercils de ocorrência¹⁴, são apresentados abaixo para as análises univariadas significativas ($p < 0,20$):

Npogin ($p=0,014$); Npocil ($p=0,020$); Narbre ($p=0,032$); Ndistc ($p=0,032$); Nnuarv ($p=0,040$); Npanso ($p=0,042$); Nnupoc ($p=0,093$); Nfador ($p=0,100$); Nnucal ($p=0,107$); Nbatec ($p=0,119$); Npocon ($p=0,123$); Nninst ($p=0,131$); Nnubac ($p=0,150$); Nranso ($p=0,153$).

¹⁴ As variáveis independentes testadas constam do apêndice A. Na sequência serão explicitados os significados das siglas das variáveis associadas ($p < 0,20$) às contaminações de chumbo, sendo que o “N” sinaliza o N-til (tercil): Npogin (Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 1º grau); Npocil (Número de UPAs que possuem pocilga); Narbre (Número de UPAs vegetação de brejo e várzea); Ndistc (Número de UPAs que possuem distribuidor de calcário); Nnuarv (Área total com vegetação natural (hectares); Npanso (Percentual de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário); Nnupoc (Número total de pocilgas); Nfador (Número de UPAs que fazem adubação orgânica, quando necessário); Nnucal (Número total de distribuidores de calcário); Nbatec (Número de UPAs com bateadeira de cereais); Npocon (Percentual de UPAs que utilizam confinamento de bovinos); Nninst (Número de UPAs cujo proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta); Nnubac (Número total de bateadeiras de cereais); Nranso (Número de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário)

O modelo final, construído a partir de pogin, pocil, arbre e panso categorizadas em tercís de ocorrência, consta do quadro 15.

Quadro 15 - Probabilidade de contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercíl das variáveis pogin; pocil; arbre; panso. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Preditores ¹	Comparação ^c	Categorias (a, b)	β	EP	Wald	gl	p	Exp ^b =OR	IC (95%) OR	
									Inferior	Superior
Npogin ^a		4,0-34,1			5,452	2	0,065			
	3º tercíl	13,80-34,1						1,000 ^c		
	Npogin(1)	4,0-10,9	2,725	1,223	4,96	1	0,026	15,249	1,387	167,699
	Npogin(2)	11,00-13,79	2,681	1,197	5,016	1	0,025	14,597	1,398	152,444
Npocil ^b		1,0-555,0			8,784	2	0,012			
	1º tercíl	1,0-19,0						1,000 ^c		
	Npocil(1)	19,01-56,66	3,478	1,221	8,119	1	0,004	32,399	2,962	354,443
	Npocil(2)	56,67-555,0	3,689	1,301	8,037	1	0,005	40,007	3,122	512,592
Narbre ^b		1,0-3776,0			7,728	2	0,021			
	1º tercíl	1,0-32,0						1,000 ^c		
	Narbre(1)	32,1-185,9	1,889	0,897	4,434	1	0,035	6,611	1,14	38,346
	Narbre(2)	186,0-3776,0	-0,158	0,952	0,028	1	0,868	0,854	0,132	5,52
Npanso ^a		1,5-91,2			6,275	2	0,043			
	1º tercíl	1,5-25,9						1,000 ^c		
	Npanso(1)	26,0-46,2	2,062	0,861	5,733	1	0,017	7,863	1,454	42,524
	Npanso(2)	46,3-91,2	0,835	0,904	0,852	1	0,356	2,304	0,392	13,561
Constante			-8,676	1,978	19,235	1	0,000	0,000		

Legenda:

Medidas de adequação/desempenho para último passo da modelagem:

Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=6,414$; 8 gl; $p=0,601$);

Deviance : 64,980 (inicial=99,445); $r^2=44,8\%$ (Nagelkerke)

a. Valores medidos em porcentagem; **b.** Valores medidos em unidades

Pogin - Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 1º grau (ou antigo ginásial)

Pocil - Número de UPAs que possuem pocilga

Arbre - Número de UPAs vegetação de brejo e várzea

Panso - Percentual de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário

N – abreviatura de N-tils, no caso indicando tertiles (tercís de valores)

Npogin(1) - comparação do tercíl 1 com o tercíl 3; Npogin (2) – comparação do tercíl 2 com o tercíl 3

Npocil(1) - comparação do tercíl 2 com o tercíl 1; Npocil (2) – comparação do tercíl 3 com o tercíl 1

Narbre(1) - comparação do tercíl 2 com o tercíl 1; Narbre (2) – comparação do tercíl 3 com o tercíl 1

Npanso(1) - comparação do tercíl 2 com o tercíl 1; Npanso (2) – comparação do tercíl 3 com o tercíl 1

c. A categoria de referência é indicada pela OR=1,000: Para Npogin o tercíl 3 é a categoria de referência;

Para Npocil, Narbre, Npanso o tercíl 1 é a categoria de referência. Vide apêndice B a respeito da categorização de variáveis

A codificação das variáveis indicadoras (*dummies*) consta do apêndice H. Os parâmetros de codificação definem os sinais (1) e (2) considerados acima

A equação 3 descreve a probabilidade de contaminação por chumbo, em bovinos abatidos, a partir da disposição do logito do quadro 15 em formato logístico.

Equação 3:

$$\text{Prob(Cont.Pb)} = \frac{1}{1 + e^{-[-9,676 + 2,725 \cdot \text{Npogin}(1) + 2,691 \cdot \text{Npogin}(2) + 2,478 \cdot \text{Npocil}(1) + 2,699 \cdot \text{Npocil}(2) + 1,989 \cdot \text{Narbre}(1) - 0,158 \cdot \text{Narbre}(2)]}}$$

O desempenho preditivo das probabilidades de contaminação de chumbo ($contam1=detleg1+2$), a partir dos tercís das variáveis *pogin*; *pocil*; *arbre*; *panso*, consta do gráfico 27.

Gráfico 27 - Características da operação do receptor (curva ROC) para contaminações de chumbo em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

Curva calculada a partir do modelo da equação 3

Sensibilidade: razão de verdadeiras contaminações identificadas pelo modelo

1 - Especificidade: razão de falsas contaminações identificadas pelo modelo

Área sob a curva=0,878; EP=0,044; $p=3,97E-07$; IC(95%): 0,792 | 0,963

O segmento diagonal refere-se à previsão aleatória de contaminação ou não contaminação

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A análise de resíduos do modelo previsto pela equação 3 consta do gráfico 28.

Gráfico 28 – Análise de resíduos da probabilidade de contaminações por chumbo em bovinos abatidos, estimada por modelo logístico. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

1.Deviance= $-2\{\ln[L(\text{modelo reduzido})]-\ln[L(\text{modelo saturado})]\}$. Fonte: Latorre (2009)

Mudança na deviance: quadrado dos resíduos "estudentizados"

Contaminações ausentes: curva da esquerda inferior progredindo para direita superior

Contaminações presentes: curva da esquerda superior progredindo para direita inferior

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A figura 1 apresenta o teste para diagnóstico da aderência do modelo previsto no quadro 15 e equação 3, acompanhando-se a variação na *deviance* conforme probabilidades estimadas. No lado direito, destacam-se os valores influentes para os casos 105, 107 e 109. No lado esquerdo, a superposição de etiquetas numeradas no diagrama da direita mostra a identificação dos casos avaliados.

Figura 1 – Diagnóstico de ajuste do modelo preditivo das contaminações por chumbo em bovinos, conforme caso-específico (esquerda) e destaque dos 5 casos menos ajustados. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

O modelo construído utilizando-se da categorização em tercís de pogin, pocil, panso e com a mediana de arbore consta do quadro 16 para fundamentar comparação com o modelo final do quadro 15.

Quadro 16 - Probabilidade de contaminação por chumbo em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre o tercil das variáveis pogin, pocil e panso. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Preditores ¹	Comparação ^c	Categorias ^(a, b)	β	EP	Wald	gl	p	Exp(β)=OR	IC (95%) OR	
									Inferior	Superior
Npogin ^a		4,0-34,1			4,764	2	0,092			
	3º tercil	13,80-34,1						1,000 ^c		
	Npogin(1)	4,0-10,9	2,259	1,131	3,988	1	0,046	9,575	1,043	87,909
	Npogin(2)	11,00-13,79	2,418	1,121	4,654	1	0,031	11,220	1,248	100,914
Npocil ^b		1,0-555,0			6,643	2	0,036			
	1º tercil	1,0-19,0						1,000 ^c		
	Npocil(1)	19,01-56,66	2,879	1,123	6,576	1	0,010	17,790	1,971	160,580
	Npocil(2)	56,67-555,0	2,655	1,153	5,306	1	0,021	14,230	1,486	136,264
Npanso ^a		1,5-91,2			6,339	2	0,042			
	1º tercil	1,5-25,9						1,000 ^c		
	Npanso(1)	26,0-46,2	1,899	0,769	6,102	1	0,014	6,681	1,480	30,151
	Npanso(2)	46,3-91,2	0,949	0,816	1,350	1	0,245	2,582	0,521	12,793
Constante			-6,945	1,627	18,209	1	0,000	0,001		

Legenda:

Medidas de adequação/desempenho para último passo da modelagem:

Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=2,184$; 8 gl; $p=0,975$);

Deviance : 73,659 (inicial=99,445); $r^2=34,8\%$ (Nagelkerke)

a. Valores medidos em porcentagem; **b.** Valores medidos em unidades

Pogin - Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 1º grau (ou antigo ginásio)

Pocil - Número de UPAs que possuem pocilga

Panso - Percentual de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário

N – abreviatura de *N-tiles*, no caso indicando *tertiles* (tercís de valores)

Npogin(1) - comparação do tercil 1 com o tercil 3; Npogin (2) – comparação do tercil 2 com o tercil 3

Npocil(1) - comparação do tercil 2 com o tercil 1; Npocil (2) – comparação do tercil 3 com o tercil 1

Npanso(1) - comparação do tercil 2 com o tercil 1; Npanso (2) – comparação do tercil 3 com o tercil 1

c. A categoria de referência é indicada pela OR=1,000: Para Npogin o tercil 3 é a categoria de referência;

Para Npocil, Npanso o tercil 1 é a categoria de referência

A codificação das variáveis indicadoras (*dummies*) consta do apêndice H. Os parâmetros de codificação definem os sinais (1) e (2) considerados acima

A equação 4 descreve a probabilidade de contaminação por chumbo, em bovinos abatidos, a partir da disposição do logito do quadro 16 em formato logístico.

Equação 4:

$$\text{Prob(Cont.Pb)} = \frac{1}{1 + e^{-[-6,945 + 2,259 * N_{\text{pogin}}(1) + 2,418 * N_{\text{pogin}}(2) + 2,879 * N_{\text{pocil}}(1) + 2,655 * N_{\text{pocil}}(2) + 1,899 * N_{\text{panso}}(1) + 0,549 * N_{\text{panso}}(2)]}}$$

O desempenho preditivo das probabilidades de contaminação por chumbo ($\text{contam1} = \text{detleg1} + 2$), a partir dos tercis das variáveis pogin; pocil; panso e da mediana das áreas de vegetação (arbre), consta do gráfico 29. Esta última variável foi excluída do modelo múltiplo ($p > 0,05$).

Gráfico 29 - Características da operação do receptor (curva ROC) para contaminações de chumbo em bovinos abatidos para o modelo do quadro 16. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

Curva calculada a partir do modelo da equação 4

Sensibilidade: razão de verdadeiras contaminações identificadas pelo modelo

1 - Especificidade: razão de falsas contaminações identificadas pelo modelo

Área sob a curva=0,845; EP=0,045; $p=3,56E-06$; IC(95%): 0,757 -| 0,933

O segmento diagonal refere-se à previsão aleatória de contaminação ou não contaminação

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

5.4.3 Cádmio

Os níveis descritivos (p-valores) dos testes χ^2 entre a variável dependente *contam* (categorias 0= ausência; 1=presença) e cada uma das variáveis independentes categorizadas em tercils de ocorrência¹⁵ são apresentados, a seguir, para as análises univariadas significativas ($p < 0,20$):

Nninst ($p=0,010$); Nautp ($p=0,013$); Npocon ($p=0,016$); Nconfi ($p=0,047$); Nirrac ($p=0,082$); Nncult ($p=0,104$); Nnuarv ($p=0,104$); Nacre ($p=0,104$); Npanso ($p=0,104$); Nirrap ($p=0,127$); Npoext ($p=0,138$); Nardes ($p=0,145$); Nnupiv ($p=0,143$); Nranso ($p=0,149$); Npresu ($p=0,149$); Nnuarg ($p=0,174$); Nextmi ($p=0,178$); Nponin ($p=0,180$).

O modelo de regressão logística múltipla, proposto para prever as probabilidades de contaminação de cádmio em bovinos abatidos, foi construído a partir das medianas de ninst, nuarv, ranso, nautp, sendo apresentado no quadro 17.

¹⁵ As variáveis independentes testadas constam do apêndice A. Na sequência serão explicitados os significados das siglas das variáveis associadas ($p < 0,20$) às contaminações de cádmio, sendo que o “N” sinaliza o N-til (tercil): Nninst (Número de UPAs cujo proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta); Nnuarv (Área total com vegetação natural - hectares); Nranso (Número de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário); Nnautp (Total de equipamentos à base do conjunto autopropelido de irrigação); Nconfi (Número de UPAs que utilizam confinamento de bovinos); Nirrac (Número de UPAs que possuem conjunto de irrigação convencional); Nnuarv (Área total com vegetação natural - hectares); Nnculp (Área total com cultura perene - hectares); Nacre (Número de UPAs que possuem açude ou represa); Npanso (Percentual de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário); Nirrap (Número de UPAs que possuem conjunto de irrigação autopropelido); Npoext (Percentual de UPAs que realizam extração mineral); Nardes (Número de UPAs com área em descanso); Nnupiv (Total de equipamentos à base do conjunto de irrigação por pivot central); Nranso (Número de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário); Npresu (Percentual de UPAs com proprietário residente); Nnuarg (Capacidade total de armazenamento - sacas); Nextmi (Número de UPAs que realizam extração mineral); Nponin (Percentual de UPAs cujo proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta)

Quadro 17 - Probabilidade de contaminação por cádmio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla entre a mediana das variáveis ninst; nautp; nuarv; ranso. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Preditores ¹	Comparação ^d	Categorias (a, b, c)	β	EP	Wald	gl	p	Exp(β)=OR	IC (95%) OR	
									Inferior	Superior
Medninst ^a		3-991								
	2º quintil	30,01-991						1,000 ^d		
	medninst(1)	3-30	3,983	1,199	11,029	1	0,001	53,665	5,115	562,993
Mednuarv ^b		248,8-56622,8								
	1º quintil	248,8-3023,7						1,000 ^d		
	mednuarv(1)	3023,8-56622,8	3,613	1,265	8,157	1	0,004	37,076	3,107	442,443
Medranso ^c		11-2687								
	1º quintil	11-148						1,000 ^d		
	medranso(1)	148,1-2687	2,743	1,206	5,173	1	0,023	15,533	1,461	165,148
Mednautp ^c		0-34								
	2º quintil	2,01-34						1,000 ^d		
	mednautp(1)	0-2	5,110	1,462	12,217	1	0,000	165,620	9,435	2907,250
Constante			-7,633	2,287	11,134	1	0,001	0,000		

Legenda:
Medidas de adequação/desempenho para último passo da modelagem:
Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=3,096$; 7 gl; $p=0,876$);
Deviance : 38,552 (inicial=76,988); $r^2=66,5\%$ (Nagelkerke)
a. Valores medidos em porcentagem; **b.** Valores medidos em hectares; **c.** Valores medidos em unidades
Ninst - Percentual de UPAs cujo proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta
Nuarv - Área total com vegetação natural (hectares)
Ranso - Número de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário
Nautp - Total de equipamentos à base do conjunto autopropelido de irrigação (unidades)
Med – abreviatura de mediana, indicando a comparação entre valores maiores/menores ou vice-versa (vide nota **d**)
Medninst(1) - comparação do quintil 1 com o 2
Mednuarv(1) - comparação do quintil 2 com o 1
Medpanso(1) - comparação do quintil 2 com o 1
Mednautp(1) - comparação do quintil 1 com o 2
d. A categoria de referência é indicada pela OR=1,000: Para Medninst e Mednautp o quintil 2 é a categoria de referência; Para Mednuarv e Medpanso o quintil 1 é a categoria de referência
Vide apêndice B a respeito da categorização de variáveis
A codificação das variáveis indicadoras (*dummies*) consta do apêndice H. Os parâmetros de codificação definem os sinais (1) e (2) considerados acima

A equação 5 representa a tradução dos coeficientes do quadro 17 (logito) para um formato logístico.

Equação 5:

Prob (Cont.Cd) =
$$\frac{1}{1 + e^{-[-7,633 + 3,983 \cdot \text{Medninst}(1) + 3,613 \cdot \text{Mednuarv}(1) + 2,743 \cdot \text{Medranso}(1) + 5,110 \cdot \text{Mednautp}(1)]}}$$

O desempenho preditivo das probabilidades de contaminação por cádmio ($contam1=detleg1+2$) consta do gráfico 30, tendo sido avaliado a partir da mediana das variáveis *ninst*, *nautp*, *nuarv*, *ranso*.

Gráfico 30 - Características da operação do receptor (curva ROC) para contaminações de cádmio em bovinos abatidos. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

Curva calculada a partir do modelo da equação 5

Sensibilidade: razão de verdadeiras contaminações identificadas pelo modelo

1 - Especificidade: razão de falsas contaminações identificadas pelo modelo

Área sob a curva=0,925; EP=0,035; $p=5,88E-08$; IC(95%): 0,855 -| 0,994

O segmento diagonal refere-se à previsão aleatória de contaminação ou não contaminação

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

A análise de resíduos do modelo previsto pela equação 5 consta do gráfico 31.

Gráfico 31 – Análise de resíduos da probabilidade de contaminações por cádmio em bovinos abatidos, estimada por modelo logístico. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Legenda:

1. Deviance = $-2\{\ln[L(\text{modelo reduzido})] - \ln(\text{modelo saturado})\}$. Fonte: Latorre (2009)

Mudança na deviance: quadrado dos resíduos "estudentizados"

Deteções ausentes: curva da esquerda inferior progredindo para direita superior

Deteções presentes: curva da esquerda superior progredindo para direita inferior

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

No quadro 18 figura modelo alternativo ao do quadro 17, mantendo-se a categorização de medianas para ninst, ranso e nautp e considerando os tercís da variável nuarv.

Quadro 18 - Probabilidade de contaminação por cádmio em bovinos abatidos, segundo modelo de regressão logística múltipla para o tercís de nuarv e a mediana das variáveis ninst; nautp; ranso. São Paulo (PNCRC), 2006 - 2010

Preditores	Comparação ^d	Categorias ^(a, b, c)	β	EP	Wald	gl	p	Exp(β)=OR	IC (95%) OR	
									Inferior	Superior
Medninst ^a		3-991								
	2º cinquentil	30,01-991						1,000 ^d		
	medninst(1)	3-30	5,146	1,633	9,931	1	0,002	171,767	6,997	4216,754
Nnuarv ^b		248,8-56622,8								
	1º tercís	248,8-1674,6						1,000 ^d		
	Nnuarv(1)	1674,6-3023,8	4,108	1,624	6,399	1	0,011	60,807	2,522	1466,071
	Nnuarv(2)	3032,81-56622,8	7,497	2,521	8,842	1	0,003	1802,304	12,878	252233,204
Medranso ^c		11-2687								
	1º cinquentil	11-148						1,000 ^d		
	medranso(1)	148,1-2687	3,202	1,377	5,411	1	0,020	24,582	1,655	365,074
Mednautp ^c		0-34								
	2º cinquentil	2,01-34						1,000 ^d		
	mednautp(1)	0-2	6,764	2,113	10,245	1	0,001	866,092	13,764	54497,539
Constante			-11,347	3,441	10,872	1	0,001	0,000		

a. Valores medidos em porcentagem

b. Valores medidos em hectares

c. Valores medidos em unidades (nº de propriedades rurais que realizam análise de solo - ranso; total de equipamentos de irrigação autopropelida - nautp)

d. A categoria de referência é indicada pela OR=1

A comparação dos diferentes modelos gerados em termos de área sob a curva ROC, conforme categorização das variáveis em tercís ou mediana de ocorrência de seus valores, pode ser observada no gráfico 32, onde se constata o modelo do quadro 17 (ninst, nuarv, ranso, nautp como mediana) sob o número 6.

Gráfico 32 – Comparação das características da operação do receptor (curva ROC) entre os modelos alternativos para contaminações de cádmio em bovinos abatidos, conforme mediana ou tercís dos preditores. São Paulo (PNCRC), 2006 – 2010

Legenda:

O segmento diagonal refere-se à previsão aleatória de contaminação e não contaminação

- (1) Área sob a curva=0,865; EP=0,051; p=2,47E-06; IC(95%): 0,765 | 0,965
- (2) Área sob a curva=0,894; EP=0,045; p=4,77E-07; IC(95%): 0,805 | 0,983
- (3) Área sob a curva=0,953; EP=0,025; p=7,25E-09; IC(95%): 0,905 | 1,000
- (4) Área sob a curva=0,870; EP=0,051; p=2,34E-06; IC(95%): 0,769 | 0,971
- (5) Área sob a curva=0,919; EP=0,035; p=8,88E-08; IC(95%): 0,849 | 0,988
- (6) Área sob a curva=0,925; EP=0,035; p=5,88E-08; IC(95%): 0,855 | 0,994

Medidas de adequação/desempenho para último passo da modelagem:

- (1) Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=3,317$; 5 gl; p=0,651)
- (2) Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=11,259$; 7 gl; p=0,128)
- (3) Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=5,349$; 7 gl; p=0,617)
- (4) Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=2,309$; 6 gl; p=0,889)
- (5) Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=4,536$; 7 gl; p=0,716)
- (6) Ajuste - teste de Hosmer e Lemeshow ($\chi^2=3,096$; 7 gl; p=0,876)
- (1) Deviance: 41,705 (inicial=76,988); $r^2=62,6\%$ (Nagelkerke)
- (2) Deviance: 49,076 (inicial=76,988); $r^2=52,5\%$ (Nagelkerke)
- (3) Deviance: 29,074 (inicial=76,988); $r^2=77,0\%$ (Nagelkerke)
- (4) Deviance: 46,458 (inicial=76,988); $r^2=56,3\%$ (Nagelkerke)
- (5) Deviance: 39,607 (inicial=76,988); $r^2=65,2\%$ (Nagelkerke)
- (6) Deviance: 38,552 (inicial=76,988); $r^2=66,5\%$ (Nagelkerke)

Curva calculada a partir do modelo:

$$\begin{aligned}
 (1) \text{Prob (Cont. Cd)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-0,693 - 22,119 \cdot \text{Nnuarv}(1) - 20,032 \cdot \text{Nnuarv}(2) + 22,169 \cdot \text{Nnautp}(1) + 21,963 \cdot \text{Nnautp}(2)]}} \\
 (2) \text{Prob (Cont. Cd)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-5,594 + 2,864 \cdot \text{Nninst}(1) + 1,101 \cdot \text{Nninst}(2) + 2,577 \cdot \text{mednuarv}(1) + 1,992 \cdot \text{medranso}(1) + 4,047 \cdot \text{mednautp}(1)]}} \\
 (3) \text{Prob (Cont. Cd)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-11,347 + 5,146 \cdot \text{medninst}(1) + 4,108 \cdot \text{Nnuarv}(1) + 7,497 \cdot \text{Nnuarv}(2) + 3,202 \cdot \text{medranso}(1) + 6,764 \cdot \text{mednautp}(1)]}} \\
 (4) \text{Prob (Cont. Cd)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-1,591 + 2,983 \cdot \text{medninst}(1) - 2,898 \cdot \text{mednuarv}(1) + 3,492 \cdot \text{mednautp}(1)]}} \\
 (5) \text{Prob (Cont. Cd)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-1,591 + 2,983 \cdot \text{medninst}(1) - 2,898 \cdot \text{mednuarv}(1) + 3,492 \cdot \text{mednautp}(1)]}} \\
 (6) \text{Prob (Cont. Cd)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-7,633 + 3,983 \cdot \text{medninst}(1) + 3,613 \cdot \text{mednuarv}(1) + 2,743 \cdot \text{medranso}(1) + 5,110 \cdot \text{mednautp}(1)]}}
 \end{aligned}$$

Fonte: (Moretti, L. d., 2013)

DISCUSSÃO

Causa e efeito: trata-se de uma dualidade que decerto nunca provavelmente existirá (...) do mesmo modo que nunca percebemos um movimento (...) nós o deduzimos (...). Uma interpretação (...) de cada coisa (...) uma imagem à nossa imagem? (...) A sequência das “causas” se apresenta em todos os casos (...) para que outra se siga – mas não *compreendemos* nada
Nietzsche (A gaia ciência)

6 DISCUSSÃO

É necessário estabelecer critérios para identificar regularidades como base para direcionar as ações de vigilância epidemiológica (*definir e propor estratégias de controle*) e de vigilância sanitária (*efetivamente controlar os fatores de risco com ações de polícia sanitária*), no sentido de priorizar os focos de atuação, considerando os recursos disponíveis que incluem a disponibilidade de técnicas diagnósticas, infraestrutura e disponibilidade de pessoal.

As detecções de metais pesados foram consideradas protótipo de vínculo dos resultados do PNCRC com procedimentos de vigilância epidemiológica para identificação de fatores de risco. Assim, este tópico parte da idealização de métricas para aferir a influência de detecções nas violações para validar a vigilância das primeiras como forma de acompanhar a redução progressiva nos níveis máximos tolerados para distanciar-se cada vez mais das segundas.

Acompanhando esta estrutura conceitual aborda-se a identificação de predominância regional para detecções de metais pesados, a relação das concentrações identificadas com o referido predomínio, para passar a observar as tendências de detecções e por fim avaliar o que pode ser feito em torno da identificação e controle de fatores produtivos relacionados com a ocorrência das detecções.

6.1 EVENTO “DETECÇÕES” COMO FATOR PREDISPONENTE ÀS VIOLAÇÕES DE METAIS PESADOS NO PNCRC

No âmbito do PNCRC define-se o fenômeno de “detecções”, ou seja, dos níveis superiores ao limite de detecção (LD). Este último é conceituado como capacidade de detecção do método analítico, ou seja, o mais baixo teor que pode ser identificado (BRASIL, 2009b – item 4.5 do anexo 2). Tal limite da técnica laboratorial é específico ao contaminante diagnosticado possibilitando deduzir a presença do analito com uma certeza razoável do ponto de vista estatístico (UE, 2007).

Neste estudo a categoria “detecções” representou, na verdade, os resultados quantificáveis. Para serem contabilizados como detecções estes resultados superiores ao limite de quantificação (LQ), tiveram ainda que atender a premissa

de serem inferiores ao limite legal permitido, ou seja, ao chamado teor máximo de contaminantes (TMC). Resultados superiores ao TMC compuseram a categoria de “violações”.

A UTRA Araraquara foi excluída da avaliação de detecções, no sentido destas últimas estarem sendo consideradas como fator de exposição determinante de violações no PNCRC, tendo-se em vista a ausência de extrapolações dos TMCs para arsênio, chumbo ou cádmio nesta regional, entre 2002 e 2010.

A relação entre detecções e violações de metais pesados foi avaliada apenas para chumbo e cádmio no conjunto das UTRAs, uma vez que no período 2002 a 2010 arsênio não teve qualquer violação nos bovinos abatidos em estabelecimentos sob SIF no estado de São Paulo. Excluíram-se as UTRAs Guaratinguetá e Ribeirão Preto das avaliações relativas a chumbo, pois tais regiões não apresentaram violações deste metal (Tabela 3).

Considerando que em cada animal há apenas a possibilidade de classificação como detecção, violação ou resultado negativo, constatou-se ausência de associação entre violações e detecções de chumbo no estado de São Paulo ($p=0,62$ no teste exato de Fisher). Apesar disso, observou-se um vínculo estatisticamente significativo na associação destes fenômenos com cádmio (Tabela 4).

Sendo inviável conhecer quão maiores são as probabilidades de violação nos bovinos expostos a detecções em relação aos não expostos, porque o risco relativo mostra-se igual a zero ($0/88/38/281=0$), obteve-se conhecimento correlato com abordagem das caselas complementares da tabela de contingência. Observou-se que o risco de não violações nos não expostos a detecções é 0,86 vezes aquele dos expostos (Tabela 4). Disso, conclui-se que o risco de violações é maior nos expostos a detecções de cádmio.

Mesmo que não se possa visualizar um efeito de risco das detecções, no que se refere à determinação de violações dos metais pesados correspondentes em cada UTRA, pôde-se observar correlação entre o aumento das detecções de cádmio e o aumento das violações correspondentes no conjunto do estado de São Paulo, retirando-se dos cálculos a UTRA Araraquara, como já foi dito (Tabela 3).

Em SP, excetuando-se as regionais de Araraquara, Campinas, Guaratinguetá e Ribeirão Preto, como citado, observa-se que o aumento nas violações de

cádmio correlaciona-se com o das detecções deste metal ($r=0,846$; $p=0,002$), o que não ocorre nas violações de chumbo em sua contrapartida de detecções ($r=0,361$; $p=0,306$). O vínculo observado nas ocorrências de cádmio determina que 71,5% do aumento nas violações seja devido às detecções (Tabela 3).

O modelo de regressão linear de cádmio, considerando as violações como dependentes das detecções, gera uma expectativa de que, a cada aumento unitário de detecções, siga-se um aumento médio de 0,271 violações no conjunto do estado de São Paulo (Tabela 3).

Deve-se destacar que o aumento médio de violações, correspondente à elevação unitária do nº de detecções do metal pesado considerado e que determina o percentual de aumento citado, foi calculado por equação de regressão linear na tabela 3, construída em vista da normalidade da distribuição das variáveis detecção e violação, tanto para cádmio ($KSZ=0,469$; $p=0,981$; $KSZ=0,426$; $p=0,993$), quanto para chumbo ($KSZ=0,566$; $p=0,905$; $KSZ=0,524$; $p=0,947$), respectivamente.

Contrariamente às observações referentes a chumbo, que aportam significado à constatação de que a maior razão de detecção/violação (6) para a UTRA Botucatu (Tabela 9) encontra paralelo na predileção de detecções em tal região (Tabela 5), para cádmio não foi possível cogitar uma explicação para a relação entre os totais de detecções e de violações.

As maiores razões de detecção/violação para cádmio referem-se a São José do Rio Preto, Araçatuba, Presidente Prudente e Ribeirão Preto, antes de chegarem ao patamar¹⁶ de detecções/violações de Guaratinguetá (Tabela 9). Esta última consta da regional com predileção por detecções, conforme tabela 5.

Nos bovinos provenientes da UTRA Guaratinguetá o destaque das violações/análise sugere que as concentrações de cádmio no sistema produtivo desta regional, por serem mais elevadas entre detecções e violações, já se caracterizam como as próprias violações ou como níveis crescentes pró-violação, uma vez que a concentração mediana é 138,26 ppb nesta UTRA, enquanto 50% das concentrações nos resultados de análise de cádmio são inferiores a 0,11 ppb nas demais regiões. Como 62,5% (5/8) dos resultados de Guaratinguetá e 61,2% (221/361) das demais UTRAs foram obtidos na matriz músculo, não é razoável

¹⁶ O patamar de 3 é compartilhado entre as UTRAs Botucatu, Campinas e Guaratinguetá (vide Tabela 9)

supor que a propensão a violações na primeira deva-se à influência do menor ponto de corte de tal matriz (100 ppb – Tabela 1).

O maior índice de violações/análise consta de indicador de relevância regional para cádmio, mas não é o único, uma vez que a associação de maior detecção/análise com a 2º maior violação/análise parece justificar melhor o destaque das contaminações de cádmio no sistema produtivo de Guaratinguetá. Apesar de ser possível argumentar que o índice de 0,25 (Tabela 9) respalda os mais elevados níveis de cádmio na UTRA Gua, tal índice representa o 2º maior do estado de São Paulo, ao passo que na Fazenda Ipanema assume o valor de 0,27 violações/análise e não tem relação com maiores concentrações nesta regional. O *rank* médio (200,67 ppb; n=15) desta última não é significativamente superior (Mann-Whitney U=2420; p=0,546) ao das demais UTRAs (184,34 ppb; n=354).

Devem-se realizar mais estudos para confirmar a suposição de que a razão 0,25 violações/análise de cádmio na UTRA Guaratinguetá (Tabela 9) vincule-se a níveis mais elevados, do contaminante no sistema produtivo desta localidade, que podem estar relacionados com a premência de detecções na região (Tabela 5). Neste contexto, observa-se que o *rank* médio das concentrações de cádmio é mais elevado nesta UTRA (251,31 ppb; n=8) do que no conjunto das demais (183,53 ppb; n=361), sendo que a observação a respeito das concentrações de cádmio é significativa no nível de 6,5% (Mann-Whitney U=913,5; p=0,065).

Como as detecções de cádmio são tanto correlacionadas (Tabela 3) como associadas às violações (Tabela 8) é possível supor que a elevação nas concentrações deva-se a questões específicas de manejo. Isto não significa dizer que o controle, a respeito de uma meta máxima de detecções, possa ser relegado a segundo plano do sistema de vigilância epidemiológica que se propõe, mas que o mais importante para evitar violações de cádmio consta da identificação de fatores de manejo que condicionem a contaminação dos bovinos de corte.

A predominância para detecção (/análise) na UTRA Gua (0,50), segue-se a seu destaque como 2º maior violação/análise (0,25). Para tais resultados, o elevado valor do coeficiente de correlação de Pearson entre detecções e violações de cádmio no conjunto do estado ($r=0,846$; $p=0,002$ - Tabela 3) dá suporte a este enfoque, reiterando a necessidade de identificação e controle dos fatores de manejo determinantes das detecções, como forma de evitar que se tornem violações deste metal.

A partir da mediana da distribuição de detecções e de violações nas UTRAs consideradas na tabela 3, gerou-se uma classificação destas regionais como áreas de baixa ou alta detecção e alta ou baixa violação para cada metal pesado (Tabela 8). Constatou-se associação entre a magnitude regional de violações com a de detecções de cádmio ($p=1,82E-34$) e de chumbo ($4,82E-9$), pelo teste de χ^2 com a correção de Yates.

Além disso, foi caracterizada correspondência entre áreas de elevada violação com aquelas de alta detecção de cádmio, pelos resíduos padronizados ajustados ($res_{aj}=12,4$ – Tabela 8).

Para cádmio, também se caracterizou risco relativo significativo para a associação entre UTRAs de alta/baixa detecção com aquelas de alta/baixa violação. O risco de baixa violação nas UTRAs expostas a baixa detecção ($72/72=1$), juntamente com o risco de baixa violação nas localidades expostas a alta detecção ($64/297 \sim 0,22$), fizeram com que o risco de baixa violação nas UTRAs expostas a baixa detecção fosse 4,64 vezes maior do que nas de alta detecção. Tal efeito de risco é significativo, considerando-se a não inclusão da unidade no IC95% ($3,74$ – $15,77$).

Para cádmio, demonstrou-se que a exposição a detecções é fator de risco para violações por conta da discussão em torno da tabela 8, a respeito das áreas de alta ocorrência de detecções apresentarem efeito determinístico nas áreas de elevadas ocorrências de violações (resíduo padronizado ajustado= $+12,4$), paralelamente à observação do maior “risco”¹⁷ de baixa violação nas UTRAs expostas à baixa detecção.

Mesmo que a tabela 4 tenha demonstrada a inexistência de associação de detecções com violações de chumbo no estado de São Paulo a estratégia de organização dos dados como áreas de baixas/elevadas detecções/violações deste metal permitiu observar que as áreas de exposição a elevadas detecções representam fator de proteção para elevadas violações, consistindo em áreas de baixa violação. Há 33% menos risco ($1-0,67=0,33$) de que áreas expostas à elevada detecção de chumbo tornem-se áreas de elevada violação de tal contaminante, o

¹⁷ O termo risco foi colocado entre aspas porque está indicando probabilidade de efeito desejável “baixa violação”

que se paralela à ausência significativa das áreas de elevada violação naquelas de elevada detecção, conforme resíduo padronizado ajustado=-6,0 (Tabela 8).

Considerando que a definição de áreas de baixas e altas ocorrências de detecções e violações baseou-se nas medianas respectivas a estes 2 fenômenos (Tabela 8) é provável que o efeito diferencial de risco regional relacione-se com outras formas de categorização das áreas de ocorrência de detecções e violações.

Alternativamente, caso a organização em mediana represente a realidade da distribuição diferencial do gradiente do efeito de risco das áreas de detecção naquelas das violações correspondentes, é possível que as concentrações de chumbo das áreas de exposição a baixa detecção estejam em elevação e por tal motivo apareçam como localidades de maior risco para elevadas violações. Isso porque não é plausível supor que as concentrações reduzidas de chumbo, por si, representem risco de violações, já que estas são definidas por níveis elevados deste contaminante. Tal situação encontra suporte na constatação de que a concentração média de chumbo nas áreas de baixa detecção é 21,13 ppb (n=196).

Apesar de numericamente inferior à média de 29,06 ppb (n=176), das áreas de elevada detecção, não há diferença no nível mediano das concentrações de chumbo entre as áreas de baixas e elevadas detecções deste metal¹⁸. Além disso, os intervalos de confiança de 95% são coincidentes com variação de 12,4 a 29,8 ppb nas áreas de baixa detecção e de 19,4 a 38,7 ppb nas de elevada. Neste sentido, o fator de proteção das áreas de elevada detecção pode significar que as mais baixas concentrações de chumbo não determinem violações correspondentes até que os níveis do contaminante elevem-se e tornem-se eles mesmos as próprias violações. De qualquer forma, são necessário maiores estudos para estabelecer hipóteses adicionais a esta aparente contrariedade de efeito em que as áreas de elevada detecção estranhamente aparecem como fatores de proteção para as áreas de elevada violação.

Mesmo que não se tenha demonstrado que a exposição a detecções de arsênio aumente o risco das violações correspondentes, em vista da inexistência de violações deste analito no período 2002 a 2010 é lícito supor que o controle de detecções também represente estratégia para evitar violações neste caso.

¹⁸ $p=0,173$ no teste U de Mann-Whitney que testou a H_0 de que a concentração de chumbo é igual entre as categorias de detecção (0 e 1)

Ainda que a detecção, como fator predisponente às violações, tenha sido demonstrada apenas para cádmio (Tabela 4; 8), tal achado encoraja a proposta de um sistema de vigilância epidemiológica baseado nas detecções de metais pesados, inclusive para arsênio e chumbo.

Justifica-se a interferência no sistema produtivo, quando as concentrações de contaminantes ainda estejam em níveis inferiores aos de violação, uma vez que estas últimas transgridem a legislação e sua constatação é final e irreversível para o animal/rebanho específico, ao passo que as detecções podem receber intervenções para que os níveis não se elevem a ponto de gerar violações. Tal destaque oportuniza uma comparação de risco entre áreas com graus distintos de detecções e violações, considerando tais fenômenos como eventos mutuamente exclusivos aplicáveis ao estado de São Paulo de uma forma geral (Tabela 8).

A associação significativa de detecções com violações de cádmio destaca que a presença de metais pesados na cadeia produtiva deve ser gerenciada ambientalmente, e por medidas de manejo nas propriedades rurais, antes que os níveis se elevem e ocorram violações. Tal consideração enfatiza o aspecto preventivo das medidas dirigidas a evitar fatores de risco que favoreçam detecções, como forma de interromper práticas produtivas que possam culminar em violações do PNCRC.

Deve-se reconhecer a relevância de estudos epidemiológicos, realizados a partir da identificação de municípios de alta e baixa detecção de metais pesados no PNCRC e seu cotejo com as respectivas características produtivas a serem avaliadas como fatores de risco.

Sendo os metais pesados elementos de doenças crônicas, ligadas a efeito cumulativo, o aspecto preventivo da identificação de fatores desencadeantes da presença destes contaminantes, mesmo em baixos níveis, oferece abordagem que pode acompanhar a evolução do conceito de níveis “tão baixos como razoavelmente alcançáveis” pelas boas práticas produtivas (*ALARA – as low as reasonably achievable*). Tal concepção de níveis *ALARA*, acoplada a estudos epidemiológicos, poderá representar estratégia de gerenciamento de risco, ligada a antecipação das crises de saúde pública e do comércio internacional, a partir da proposta de ações para mitigação dos fatores causais identificados.

6.2 DISTRIBUIÇÃO DE DETECÇÕES DE METAIS PESADOS NAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS

Constatou-se distribuição diferenciada de metais pesados entre as regiões administrativas do MAPA (Tabela 5). Em termos específicos, as detecções distribuíram-se em proporções estatisticamente distintas para chumbo em Botucatu; para cádmio na regional de Guaratinguetá e para arsênio na Fazenda Ipanema, quando tais UTRAs foram comparadas com o conjunto das demais para cada metal considerado.

Lidando-se com as exceções, tem-se que Campinas não é local de predileção para detecções de chumbo. Esta UTRA, juntamente com Araraquara e Guaratinguetá, integra as regionais de menor proporção de detecções no total de pesquisas para este metal (0% - Tabela 9), no entanto, cujas proporções de detecções e não detecções são estatisticamente iguais às correspondentes no conjunto das demais UTRAs, como se vê dos p-valores de 0,612; 1,000 e 1,000 para os testes exatos de Fisher da tabela 5, respectivamente.

As proporções de detecção regionalmente diferenciadas caracterizaram predileção para ocorrência de níveis baixos dos contaminantes inorgânicos correspondentes (Tabela 7), uma vez que tais níveis são os que definem as detecções no âmbito do PNCRC.

Para cádmio, há 3,3 maiores chances de detecções ocorrerem em bovinos oriundos da UTRA Guaratinguetá do que nas demais regiões. Como tal $OR=3,3$ é não significativa ($IC_{95\%}:0,68|-16,08$), deve-se observar o efeito regional da UTRA GUA a partir do risco relativo 2,15 maior de detecções de cádmio nesta região, uma vez que tal medida possui efeito significativo ($IC_{95\%}:1,05|-4,41$).

Esse risco relativo aponta que a probabilidade de detecções de cádmio é maior em bovinos oriundos da região de Guaratinguetá, sendo seu cálculo possível porque a amostra com $n=369$, que resultou em tal risco (Tabela 7), é considerada representativa do estado de São Paulo por ter sido definida para estabelecer a participação do estado na amostragem utilizada na estimativa de ocorrência dos metais pesados no Brasil.

Com exceção de Guaratinguetá, as UTRAs de predileção para detecção de metais pesados apresentaram concordância na significância dos efeitos de risco representados pela razão de chances e pelo risco relativo.

Como ainda pode ser observado na tabela 7, há maior risco de detecções em animais provenientes das regionais de Botucatu e Fazenda Ipanema. Na primeira há 4,4 vezes mais chances de detecção de chumbo (IC95%OR:1,31|-|12,92). Na UTRA Ipanema há 12,6 maiores chances de detecções de arsênio (IC95%OR:2,42|-|122,98), em relação ao conjunto das demais regionais administrativas do MAPA no estado de São Paulo.

A maior precisão das estimativas de risco relativo, relacionada com os intervalos de confiança mais estreitos do que o das correspondentes razões de chances aponta que aqueles podem ser definidos como medidas de risco mais apropriadas, ao que sumariamente observa-se maior risco de detecções de cádmio em Guaratinguetá (RR=2,2), de chumbo em Botucatu (RR=3,7) e de arsênio na Fazenda Ipanema (RR=3,3), destacando a maior propensão a contaminação pelos metais pesados respectivos nos bovinos oriundos das referidas regiões.

Observando-se as razões detecção/violação (Tabela 9), constata-se maiores valores para Btu, Pru, Sjr, Mar (chumbo) e Sjr, Aru, Pru, Rao (cádmio), sugerindo que tais localidades sejam prioritárias para intervenções que possam evitar que os totais de detecção superem os de violação. Isto tem sentido, pelo menos no caso de cádmio, uma vez que no conjunto do estado observou-se correlação do aumento de detecções com o de violações e, ao mesmo tempo, que nenhuma destas regionais constou de exceção nos cálculos de regressão. Portanto, como parte de um sistema de vigilância epidemiológica, para contaminantes inorgânicos em bovinos de corte, também deve ser recomendado o estabelecimento de uma meta de detecções, pois além de tal limite máximo parece não ser possível evitar que ocorram violações de chumbo.

A identificação e controle de fatores produtivos determinantes da presença de chumbo em baixos níveis, típicos de detecções do PNCRC em bovinos abatidos, além de recomendar a concepção de um sistema de vigilância epidemiológica para todos os animais monitorados, sugere que se realizem estudos-piloto na regional de Botucatu, para definição do escopo de fatores de risco, uma vez que tal região deve ser priorizada em medidas preventivas às detecções de chumbo como forma de evitar novas violações.

Estudos-piloto para identificação de fatores de risco, a monitorar como sistema de vigilância para contaminações por cádmio, devem priorizar bovinos oriundos pelo menos da UTRA Guaratinguetá, uma vez que tal região apresentou predileção pelas detecções deste metal (Tabela 5), recomendando-se a identificação de fatores condicionantes das detecções de chumbo na UTRA Botucatu e das de arsênio na UTRA Ipanema.

6.2.1 Chumbo

A detecção preferencial de chumbo na UTRA Botucatu ($p=0,008$), a partir do desdobramento da tabela 5, permite observar o envolvimento de todas as microrregiões desta UTRA entre 2002 e 2010, constatando-se 1 detecção em cada um dos municípios de Avaí, Bauru, Botucatu, Cerqueira César, Lençóis Paulista e Conchas (Tabela 6).

Observa-se inexistência de associação entre detecções de chumbo (categorias "sim" e "não") e microrregiões de Bauru e Avaré, constatando-a na microrregião de Botucatu (Tabela 6). Neste último caso considera-se um nível de significância de 10% para o teste exato de Fisher ($p=0,099$), cuja OR de 5,61 aponta haver mais chances de detecção de chumbo na microrregião de Botucatu em relação às demais da mesma UTRA. Entretanto, como o IC95% da OR inclui a unidade mesmo na microrregião de Botucatu deve-se interpretar a associação com detecções de chumbo como insignificante. Desta maneira, suporta-se que as detecções de chumbo ocorram em um mesmo nível em quaisquer das microrregiões da UTRA Botucatu.

Os fatores produtivos que tornam as detecções de chumbo mais frequentes na UTRA Botucatu devem ser comuns a suas microrregiões componentes. Nesta UTRA, considerada como um todo, houve diferença significativa em relação à detecção de chumbo nas 8 regionais restantes do estado de São Paulo¹⁹.

¹⁹ A UTRA Araraquara foi excluída nos cálculos porque somente conta com 2 municípios (Descalvado e São Carlos) em uma única Microrregião de São Carlos

Suspeitou-se, inicialmente, que a premência das detecções de chumbo na regional administrativa de Botucatu, não poderia ser explicada pelos níveis médios locais deste contaminante. Isto porque a superioridade da média de suas concentrações (55,57 ppb; $n=28$), em relação ao conjunto das demais UTRAs (22,38 ppb; $n=344$), não era sustentada por diferença significativa entre elas ($t=1,89$; 28,92 gl; $p=0,068$ - Tabela 10).

O teste de Kolmogorov-Smirnov, no entanto, para a amostra de $n=28$ de Botucatu e de $n=344$ das demais UTRAs, indicou que as concentrações de chumbo em cada um destes grupos não apresenta distribuição normal. Logo, averiguou-se a diferença, não entre as médias das concentrações de chumbo nas regionais, mas entre os postos (*ranks*) médios com o teste de análise de variância de Kruskal-Wallis, tendo-se em vista o fator nominal “UTRA”, com 9 categorias, suficiente para prover variação nos níveis das concentrações de chumbo que, entretanto, deve ser considerada do ponto de vista não paramétrico.

O referido teste confirmou, com o foco mais formal de teste não paramétrico, que inexistia diferença entre os *ranks* médios das concentrações de chumbo entre as UTRAs do estado de São Paulo [$\chi^2=12,31$; 9 gl; $p=0,196$ (vide nota “d” Tabela 10)].

Mesmo com a igual distribuição dos *ranks* médios das concentrações de chumbo nas diferentes regionais do estado de São Paulo, indicando igualdade nos níveis, ainda pode ser questionado se estes diferem entre Botucatu e o conjunto. Apesar de ser possível utilizar o teste t na comparação, em vista do teorema do limite central viabilizar o emprego de testes paramétricos para comparar médias de amostras com “ n ” próximo a 30 (PETRIE; WATSON, 1999), formalmente, recomenda-se a utilização de testes não paramétricos, quando não houver distribuição normal na amostra considerada. Desta forma, a igualdade nos níveis médios de chumbo entre Botucatu e demais UTRAs, dada pelo teste t , foi credenciada como diferença significativa de níveis medianos pelo teste U de Mann-Whitney ($U=3768,5$; $p=0,018$ - Tabela 11).

A rigor, a variável “concentração de chumbo” não possui distribuição normal, quer seja para o total de dados ($n=372$; $KSZ=8,77$; $p=0,000$), ou para os registros parciais de Botucatu ($n=28$; $KSZ=1,96$; $p=0,001$), ou ainda para o conjunto das demais UTRAs ($n=344$; $KSZ=8,55$; $p=0,000$), como se vê na tabela 11. Isto, juntamente com a significância do teste não paramétrico, caracteriza diferença na

distribuição das concentrações em Botucatu que apesar da mediana 0 ppb, comum às demais UTRAs, diferencia-se pelas maiores concentrações.

Na regional Btu, o percentil 75 é de 96,46 ppb, ou seja, 75% dos valores são menores do que este, enquanto nas demais UTRAs o correspondente é de 0,048 ppb. Desta forma, os maiores valores na UTRA Botucatu também são maiores que o das demais, representando os 25% restantes dos limites referidos acima (Gráfico 4).

Alkmin Filho (2011), determinou a média das concentrações de chumbo em bovinos participantes do PNCRC entre 2002 e 2008. De forma diversa à considerada na tabela 10, calculou a média apenas dos resultados detectáveis, ou seja, excluiu todos resultados inferiores ao limite de quantificação, definido em seu estudo como 150 ppb. Para o Brasil como um todo, considerando exclusivamente os resultados gerados pelo LANAGRO/MG, firmou diagnóstico de detecção em 15 das 306 pesquisas de chumbo realizadas (4,9%), observando uma média de 231,96 ppb em fígado e 226,96 ppb em rim.

Reorganizando-se o banco de dados do estado de São Paulo, para proceder de forma semelhante a do referido autor, selecionaram-se apenas os registros relativos aos resultados ≥ 200 ppb, ou seja, excluíram-se 21 registros de detecções de chumbo em músculo, que variaram de 17,73 a 99,24 ppb, e também os resultados referentes a 12 violações na mesma matriz, que variaram de 134,23 a 196,93 ppb.

Considerou-se, dessa forma, a participação da matriz músculo com 5 resultados, variando de 200,84 a 366,76 ppb, para minimizar a alteração dos limites estabelecidos na tabela 1. Aumentou-se o limiar para definição de detecção em músculo, compatibilizando-os com os demais da tabela 1, em iniciativa tomada para que todos os resultados ficassem comparáveis aos de Alkmin Filho (2011), mesmo porque em seu estudo, não foram divulgadas quantificações de chumbo em músculo, apesar da sugestão de que o limite de quantificação de 150 ppb possa valer para qualquer matriz analítica.

Os resultados médios para UTRA Botucatu, que antes eram de 55,57 ppb ($n=28$) passaram a ser inferiores (média=258,06 ppb; $n=3$ - Tabela 11), ao do conjunto das demais regionais do estado de São Paulo (média=289,25; $n=7$), entretanto, sem haver diferença significativa entre tais médias ($t=-0,61$; 8 gl; $p=0,556$).

Alterando-se novamente o banco de dados para considerar apenas os resultados ≥ 150 ppb nas médias para concordar totalmente com o LQ de Alkmin Filho (2011), é observada, ainda que se distancie um pouco mais dos critérios da tabela 1, manutenção da distribuição não normal da concentração de chumbo ($KSZ=1,39$; $p=0,042$). O teste não paramétrico de Mann-Whitney, apesar da média de Botucatu (média=227,01; $n=5$), voltar a ultrapassar a das demais UTRAs (média=205,28; $n=24$), ainda assim estabelece a diferença como insignificante ($p=0,181$ – Tabela 11).

Mesmo que no presente estudo não se tenha individualizado os resultados, por matriz de análise, e que o período de referência seja 2002 a 2010, em contraposição ao intervalo 2002 a 2008 de Alkmin Filho (2011), é possível observar que os níveis de chumbo iguais ou superiores a 200 ppb em Botucatu (média=258,06; $dp=58,80$; $EPM=33,95$; $n=3$) e nas demais UTRAs do estado de São Paulo (média 289,25; $dp=77,97$; $EPM=29,47$; $n=7$) são aparentemente superiores aos do Brasil, pelo menos dos que foram processados no LANAGRO/MG (fígado: média=231,93; $dp=119,45$; $n=306$; rim: média=226,96; $dp=110,28$; $n=677$).

A variação apresentada pelos desvios-padrão assinala faixas coincidentes, sugerindo que a diferença seja insignificante. Quando se observam as médias de São Paulo, calculadas apenas dos valores superiores a 150 ppb, a exemplo do referido autor (Tabela 11), constata-se que Botucatu (média=227,01; $dp=59,91$; $n=5$) e as demais UTRAs (média=205,28; $dp=69,14$; $n=24$), passam a ter níveis inferiores aos publicados para o Brasil, para estes dados de distribuição não paramétrica. Contudo, sem indícios de diferença significativa como comentado acima.

Apesar dos bovinos oriundos da regional de Botucatu terem os níveis médios de chumbo iguais aos das demais regiões do estado de São Paulo e do Brasil como um todo, tais bovinos destacaram-se neste estado, pela ocorrência preferencial de detecções do contaminante considerado. Tal ênfase tem relação com os resultados de uma forma geral, uma vez que os níveis de chumbo em Botucatu somente foram considerados estatisticamente distintos, quando também foram considerados os dados inferiores ao limite de quantificação.

De todas as regionais do estado e para os inúmeros resultados que podem ser obtidos em chumbo em bovinos de corte, as concentrações em Botucatu tendem a ser maiores, concluindo-se que a premência da região justifica-se pelos

maiores *ranks* médios de ocorrência. Observa-se do $n=28$, tamanho da amostra utilizada na UTRA Botucatu para avaliação da distribuição de chumbo, que 18 resultados ($18/28=64\%$) são inferiores a 0,36 ppb e os 36% restantes ficam entre 49,79 e 318,33 ppb.

Fora Guaratinguetá, que registrou apenas resultados inferiores ao limite de quantificação, e Araraquara com somente 3 quantificações (0,01; 0,06; 19,31 ppb), regionais com tamanho amostral de 8 e 6, respectivamente, a UTRA Botucatu é a que possui menor n° de valores discrepantes entre as quantificações de chumbo de 2002 a 2010 (Gráfico 3).

Neste estudo, utilizaram-se os limites das concentrações químicas detectáveis para efeito de identificação de chumbo e da extrapolação do máximo legalmente permitido, conforme tabela 1. Nesta última, o limite de quantificação de 10 ppb, na matriz músculo, considerou uma tolerância superior à atualmente concedida para substâncias de uso proibido (2 ppb), conforme art. 2 do anexo 2 da IN 11/2012 (BRASIL, 2012b).

Selecionando-se as quantificações com base no ponto de corte 10 ppb, a concentração mediana de Botucatu fica como a 4º maior.

Isso significa que a partir de resultados pelo menos iguais a 10 ppb, em qualquer que seja a matriz (Gráfico 8), como uma abstração aos limites tecido-específicos da tabela 1, Botucatu fica com 50% das concentrações maiores que 147,56 ppb, atrás de Cps (166,64); Mar (166,00); Ipa (157,22) e maior, porém, próximo de Araçatuba (142,19 ppb). As distribuições de Btu ($n=28$) e Cps ($n=15$) tornam-se as mais simétricas, aproximando os níveis médios dos medianos, ficando os primeiros como 155,54 e 166,64 ppb, respectivamente.

Observa-se que o menor número de valores discrepantes, sugerindo uma maior regularidade em Botucatu (Gráfico 3) deve-se aos seus níveis mais elevados, no total de resultados que inclui as não quantificações (Gráfico 4), regularidade que somente alcança as outras UTRAs quando se aumenta o ponto de corte para 10 ppb, ainda que Araçatuba permaneça com valores extravagantes (Gráfico 8).

Quando o ponto de corte é aumentado para 150 (ALKMIN FILHO, 2011) e depois para 200 ppb²⁰, a mediana de Botucatu passa a ser a 3ª maior (Gráfico 9) e depois a 2ª maior (Gráfico 10).

Botucatu possui a menor mediana entre as maiores (dados ≥ 10 ppb ou ≥ 150 ppb) ou a 2ª menor (≥ 200 ppb), indicando que esta regional condiciona os níveis menos elevados dentre os maiores, contrabalançando-se por dispor dos mais elevados dentre os menores, caracterizando-a como a própria definição de níveis detectáveis, já que teve 9 detecções e 1 violação dentre seus 28 resultados, conforme critérios da tabela 1.

O nível mediano de chumbo em todas as UTRAs na UF de São Paulo é de 0 ppb. Tal fato, além de indicar baixas concentrações do contaminante no estado, também pode ter relação com a menor sensibilidade das técnicas analíticas entre 2002 e 2005, apresentadas no gráfico 1, que motivaram a seleção do período 2006 a 2010 para pesquisa de fatores de risco para as detecções.

De qualquer maneira, do total de pesquisas, que também considerou dados do período 2006-2010, constata-se que entre os 18 maiores resultados de Botucatu, apenas 1 extrapolou o TMC definido na tabela 1. Para o caso de chumbo, tais valores correspondem aos TMCs vigentes de 100 ppb em músculo, atualmente previstos pelo Mercosul (2011).

Mesmo que possa ter ocorrido baixa sensibilidade analítica em parte do período de estudo, o segmento 2006 a 2010, de aprimoramento nas capacidades de detecção, ligadas ao aumento no orçamento da rede laboratorial entre 2006 e 2007 (MAURÍCIO et al., 2009), mostrou que as violações de chumbo são raras. Apesar disso, constata-se a presença de níveis baixos que podem não aparecer como violação, em função da diferença de tolerância entre as matrizes teciduais, ou seja, os resultados superiores a 100 ppb, que caracterizariam violação quando detectados em músculo, não incitam a tomada de ações restritivas no sistema produtivo, a menos que se constatem níveis de 500 ppb em fígado ou rim.

As microrregiões da UTRA Botucatu devem ser priorizadas em ações voltadas a prevenir a contaminação de bovinos por chumbo. Apesar da maioria das pesquisas nesta região apresentar baixos níveis como nas demais UTRAs na regional de Botucatu é que também são observadas as maiores concentrações de

²⁰ LQ de fígado e rim da tabela 1, unificado para o bem da comparabilidade

valores detectáveis, tanto na acepção do LQ de 10 ppb da tabela 1, se estendidos para quaisquer das matrizes (Gráfico 5), como no limite mínimo de 150 ppb (Gráfico 6), considerado por Alkmin Filho (2011).

Os níveis compatíveis com a condição de detecção no PNCRC, assinalam uma ocorrência não ocasional, ligada à regularidade de menos valores discrepantes, para o total dos resultados (Gráfico 4), e que mesmo tendo histórico de 1 violação (200,84 ppb em Bauru no ano 2006), os maiores níveis da UTRA Botucatu destacam-se apenas para níveis inferiores ao TMC de 500 ppb para fígado e rim, que acabam sendo também inferiores ao TMC de 100 ppb para músculo (Tabela 1), ao se constatar a dominância do conjunto das demais UTRAs por níveis elevados nas quantificações (Gráfico 7).

Nos bovinos oriundos da regional de Botucatu houve a maior razão de detecções/análise (Tabela 9), representando a circulação de chumbo no sistema produtivo.

Como não se tem conhecimento sobre a existência de rotina para avaliação de práticas preventivas à aludida contaminação, recomenda-se que os fatores de risco que venham a ser identificados neste estudo sejam utilizados como quesitos a monitorar em programas de boas práticas agrícolas (BPAs) na região.

O fato de não se dispor de um programa oficial específico para monitoramento de boas práticas agrícolas permite supor que estas terão implementação voluntária e que mesmo as propriedades aderentes, não considerarão necessariamente, as medidas preventivas à contaminação por chumbo.

Programas regionais de boas práticas agrícolas (BPAs), com procedimentos auditáveis e interface com o PNCRC deverão ser idealizados e implantados para que, em seu âmbito, possam ser definidas variáveis para avaliação por serviços oficiais. Neste contexto é que se prevê a possibilidade de monitoramento de fatores de risco como parte de um sistema de vigilância epidemiológica, capaz de identificar as regiões de intervenção prioritária, como a de Botucatu, e que seja destinado a prevenir que detecções de chumbo venham a tornar-se violações deste metal.

A concentração de 10 ppb representa o limite máximo para resíduos de substâncias de uso permitido para os quais não se conheça o LMR/TMC (BRASIL, 2012b). Os contaminantes inorgânicos não constam de substâncias proibidas, pois são inerentes ao ambiente. A definição do LQ como 10 ppb na tabela 1,

mesmo se conhecendo o TMC de chumbo, foi proposta para materializar um ponto de partida para observação de concentrações baixas que possam ser monitoradas, no sentido de possibilitar redução progressiva conforme boas práticas agropecuárias.

O *Codex Alimentarius* consta de comitê integrante da Organização de Agricultura e Alimentação (FAO), instituição do sistema das Nações Unidas que tem interface com a Organização Mundial da Saúde (WHO). Trata-se de um fórum científico destinado a recomendar padrões de inocuidade e de práticas compatíveis com níveis seguros de ingestão, promovendo a coordenação internacional das normas para alimentos (FAO, 2012a). Contudo, suas recomendações representam os conhecimentos disponíveis à época de suas publicações. Desta forma, estas podem ser alteradas ao longo do tempo, com base em informações mais recentes.

O estabelecimento de TMC para chumbo em carnes relaciona-se com o reconhecimento dos alimentos como a principal via de exposição, além da água, da população de pessoas não fumantes (WHO, 2000). A dose de ingestão diária de chumbo, recomendada pelo *Codex Alimentarius*, foi primeiramente estabelecida como sendo de 50 µg/kg de peso corpóreo pessoal. Tratou-se de um nível provisório de ingestão semanal, definido em 1972, ficando vigente até que a recomendação do nível de 25 µg/kg em 1986, inicialmente estabelecido para crianças em razão de sua maior suscetibilidade, fosse estendida para a população de uma forma geral.

No preâmbulo do Regulamento 1831/2003, da comunidade europeia (tópicos 39 e 40), aponta-se que as recomendações, de 1986, dos referidos níveis de 25 µg/kg, não traziam preocupação imediata em vista das concentrações de chumbo encontradas em alimentos até aquele momento. Entretanto, em virtude de informações obtidas em 2004, sobre a avaliação de exposição da população europeia a chumbo, tornou-se relevante recomendar medidas adicionais para reduzir a presença de chumbo nos alimentos tanto quanto fosse possível (UE, 2006).

A organização mundial da Saúde, juntamente com o grupo de especialistas em aditivos de alimentos do *Codex Alimentarius* reacendeu, em 2010, a discussão a respeito de níveis cada menores de chumbo em alimentos. Desta

forma, atualmente não há um nível máximo tolerável de ingestão diária para chumbo, porque nenhum nível poderia ser considerado seguro (WHO, 2010b).

Os argumentos que estabelecem qualquer nível de chumbo como inseguro basearam-se em evidências de associação das baixas concentrações sanguíneas do metal com a redução no quociente de inteligência (QI) em crianças e com aumento na pressão arterial sistêmica em adultos. Estima-se que o nível semanal de 25 µg/kg, previamente tolerado, promova um decréscimo de 3 pontos de QI ou um aumento de 3 mmHg na pressão sistólica, respectivamente aos grupos citados. Num contexto populacional, tais estimativas representam desvios importantes nos perfis de desenvolvimento intelectual e da pressão sanguínea. Somam-se a tais prejuízos de saúde a mortalidade e as deficiências na função renal e na fertilidade, estes últimos não vinculados necessariamente às baixas concentrações de chumbo (WHO, 2010b).

Na Europa a exposição dietética diária média em crianças possui amplitude de 0,03 a 9 µg/kg. Níveis inferiores a tal mínimo não são preocupantes, pois focando neste valor é que se constatou o decréscimo de 0,5 ponto no QI na população de crianças, considerando-se negligenciáveis decréscimos inferiores. O nível diário de 1,9 µg/kg, entretanto, é alarmante porque, num escala populacional, está associado a uma diminuição de 3 pontos de QI (WHO, 2010b).

Para adultos, a amplitude europeia para ingestão diária de chumbo é de 0,02 a 3 µg/kg. Desta forma, quanto à pressão sistólica, os níveis diários de exposição inferiores a 1,2 µg/kg são insuficientes para ocasionar o aumento de 1mmHg, previsto para tal concentração de chumbo, enquanto que os níveis próximos a 3 µg/kg podem determinar aumentos pressóricos de 2 mmHg. Mesmo que discretamente, isto poderia elevar os risco de doenças isquêmicas cardíacas e cerebrovasculares. Entretanto, a maior preocupação da exposição a baixos níveis de chumbo advém dos efeitos no desenvolvimento neurológico observado em crianças (WHO, 2010b).

Mesmo que avaliações de dieta total não tenham integrado os objetivos do presente estudo, deve-se recomendar sua realização em abordagens similares à utilizada por Avegliano (2009), que entretanto, não referiu os níveis médios de exposição alimentar ao chumbo na população. A geração de tais dados poderá nortear a atualização dos níveis máximos de chumbo em carnes, que venham a

ser tolerados com base nos efeitos negligenciáveis a ele associados, a exemplo da proposta de ação na população europeia.

Tolerância deve ser vista como níveis permitidos, que não devem ser entendidos como aceitáveis (WHO; FAO, 1972), já que nenhum nível é seguro.

Mesmo sem dispor dos dados referidos anteriormente é possível recomendar um sistema de vigilância epidemiológica, focado nos resultados do PNCRC e considerando as detecções de chumbo, anteriormente às violações. No presente estudo tais detecções foram definidas por 2 limites diferentes, conforme tabela 1.

O rebaixamento de limites, para atrelar a tomada de ação regulatória ao limite de quantificação da técnica de diagnóstico, coaduna-se com o tópico 40 do Regulamento 1831/2003 da comunidade europeia, ao representar medida para reduzir o máximo possível a presença de chumbo nos alimentos (UE, 2006).

Para materializar a intenção de reduzir os níveis de chumbo será necessário contextualizar as ações gerenciais do PNCRC com as tecnologias disponíveis, para obtenção de produtos com menor grau de contaminação, considerando estratégias para torná-las exequíveis, levando-se em conta os custos envolvidos, bem como a responsabilidade dos participantes da cadeia produtiva e do governo.

Um esforço em mitigar a presença de chumbo em todos os elos, no trajeto da fazenda ao garfo, via tomada de providências regulatórias, mesmo para suas quantificações em níveis inferiores ao TMC, pode vir a representar ampliação da competência do PNCRC e seus necessários desdobramentos em ações que efetivem a responsabilidade de todos os participantes da cadeia produtiva (*stakeholders*), com intensificação do uso das chamadas boas-práticas produtivas, quer seja de fazendeiros, de indústrias processadoras ou de outros atores. A interface destes entes produtivos e do PNCRC, considerando maneiras coerentes de viabilizar níveis *ALARA*, quesitos socioeconômicos, ambientais e de sanidade animal, faz parte das intenções por trás da publicação de manuais de boas práticas agrícolas, no sentido destas representarem estratégias das autoridades competentes para promover a adoção de sistemas de garantia de qualidade para questões de saúde pública vinculadas à inocuidade alimentar (FAO; OIE, 2010)

Cabe reconhecer a necessidade de atualização das ações ligadas ao controle dos baixos níveis de chumbo, tanto para proteção da saúde pública nacional, como da sustentabilidade do sistema de certificação de garantias da exportação, para fazer frente às tendências de diminuição nos limites toleráveis em alimentos,

que são respaldadas por evidências científicas, apesar dos efeitos adversos da exposição a metais pesados serem crônicos e muitas vezes sem vínculo direto com uma indústria ou alimento em particular (WHO, 2002).

É conhecido precedente legal para níveis tão baixos quanto 10 ppb (Tabela 1) para indicar traços detectáveis de metal pesado. A única distinção consta de tratar de arsênio e não de chumbo, conforme Portaria 01/2005 (BRASIL, 2005). Mesmo que os limites de quantificação da técnica laboratorial impeçam um LQ de 10 ppb para chumbo (ALKMIN FILHO, 2011), a abordagem deste estudo mostra ser possível pautar um sistema de vigilância em resultados de detecções, ou seja, considerando valores inferiores ao TMC de maneira a antecipar ações como forma de regular o sistema produtivo de forma mais eficiente, o que concorda com as conclusões do referido autor.

A implementação de programas regionais de BPAs, que possuam interface com o PNCRC, tendo fulcro nos planos regionais de desenvolvimento considerados no artigo 174 da constituição federal (BRASIL, 1988), representará uma forma de alcançar pelo menos 3 dos 17 objetivos da política agrícola, previstos no artigo 3º da lei 8171 (BRASIL, 1991). Isto porque contemplará ações destinadas a regular a atuação do setor privado, definindo sistemática para ações dos órgãos oficiais de sanidade agropecuária, de maneira a reduzir incertezas ligadas a barreiras sanitárias ou a crises de saúde pública, tudo isso para assegurar a inocuidade dos produtos de origem animal, conforme previsão dos incisos I, II, XV do referido artigo, respectivamente.

Ao gerarem evidências de controle, demonstrando procedimentos que evitam a progressão de contaminantes na cadeia com práticas exequíveis à etapa de fazenda, tais programas regionais de BPAs poderão representar a organização do setor produtivo em prol da sustentabilidade no mercado internacional. Esta abordagem parece ter condições de sucesso, sobretudo com a já sugerida estratégia de formação de consórcios de terminação de animais (TIRADO et al., 2008), como já exemplificado por iniciativas de autocertificação do setor produtivo na Austrália para quesitos de uso responsável de produtos químicos e manejo de rebanho, focados numa manutenção de registros cada vez melhor (AGRIBUSINESS, 2012; CATTLECARE, 2012).

6.2.2 Cádmio

A região de Guaratinguetá destacou-se quanto à ocorrência de cádmio medida como total de detecções no período 2002 a 2010, em virtude do conjunto “4 detecções”, “2 violações” e “2 não detecções” (Tabela 3). Tal regional apresentou a razão de 0,50 detecções/análise, ou seja, 50% das análises para pesquisa de cádmio resultaram em detecções deste metal (Tabela 9). Houve 2 extrapolações ao limite legal máximo entre as 8 pesquisas de cádmio, incorrendo em violação para 25% das análises.

Com os dados da tabela 9 é possível perceber que a razão não detecção/detecção (análises-detecção/detecção) de cádmio é menor que 1, apenas para a UTRA Guaratinguetá ($2/4=0,50$), ou seja, nas demais regionais, as não detecções foram de 4 a 12 vezes mais frequentes do que as detecções. A UTRA Guaratinguetá, portanto, destaca-se pela ocorrência de detecções, enquanto as UTRAs Campinas, Ipanema e São José do Rio Preto destacam-se pelas não detecções. Apesar da UTRA Campinas ter apresentado maior razão de não detecções/detecções entre as UTRAs (6), não houve associação estatisticamente significativa para falta de ocorrências de cádmio nesta UTRA (Tabela 5).

Rosolen (2006), a partir de levantamento de dados do Sistema de Informações Gerenciais do Serviço de Inspeção Federal (SIGSIF) e do IBGE para o ano de 2004, observou que as principais regiões produtoras de leite no estado de São Paulo, em ordem crescente, constam de Campinas, Ribeirão Preto, Vale do Paraíba e São José do Rio Preto. Este mesmo autor indicou ter havido, em anos recentes, a maior redução na produção em Campinas, enquanto em SJRP ocorreu o maior aumento no número de municípios com produção a partir de 10 mil litros diários. Este último caracteriza o módulo mínimo para interesse de captação por empresas de laticínios.

Considerando que historicamente a pecuária leiteira concentrou-se na região do Vale do Paraíba, apesar de também ter se destacado em Franca, Ribeirão Preto e Campinas (DRUGOWICH; SAVASTANO; SAVASTANO, 2009), inicialmente é possível conjecturar papel relevante de práticas da bovinocultura de leite na contaminação por cádmio em bovinos que posteriormente serão enviados para abate. Campinas e Ribeirão Preto são regiões tradicionais para pecuária leiteira,

entretanto, com menor produção total constatada no ano de 2004, quando se destacou o Vale do Paraíba e principalmente a região de São José do Rio Preto (ROSOLEN, 2006). Tais circunstâncias sugerem que os fatores produtivos das 2 maiores regiões produtoras de leite no estado possam ser diferentes, no que se refere à exposição ou acúmulo de cádmio, já que no presente estudo constatou-se maior ocorrência em Guaratinguetá e a menor em SJRP (tanto para detecções/análise²¹ como para violações/análise – Tabela 9), mesmo porque, o levantamento da Secretaria de Agricultura (SÃO PAULO, 2007/2008) detectou que a bovinocultura mista e de leite ocorre em seus maiores níveis na região do Vale do Paraíba, mas estes apenas são observados em São José do Rio Preto para gado especializado em leite, como se vê nos mapas do anexo A.

A avaliação sobre fatores de risco não teve acesso a dados sobre a idade média dos animais nos quais se constatarem níveis detectáveis de cádmio no PNCRC. Tal dificuldade concorda com a relatada por López Alonso et al. (2000), quando estes autores argumentam que a maioria dos estudos a respeito de níveis quantificáveis de cádmio em bovinos não refere a idade dos animais abatidos, o que torna a comparação problemática entre os diferentes estudos em decorrência da natureza idade-dependente de bioacumulação de cádmio.

Caso a pecuária mista favoreça o abate de vacas com idade mais avançada tal fato pode estar diretamente ligado com o acúmulo de níveis mais elevados de cádmio (MIRANDA et al., 2005), pois a UTRA Gua possui elevada proporção de violações/análises deste contaminante (0,25 – Tabela 9). Mesmo assim esta regional fica em 2º lugar para violações/análises, em relação à UTRA Ipanema (0,27), o que, entretanto, pode ser justificado pelas análises terem sido realizadas preferencialmente em músculo, cujo TMC é menor, quando comparado ao de fígado ou rim (Tabela 1). De fato, constatou-se que 62,5% das pesquisas de cádmio foram realizadas em músculo na UTRA Guaratinguetá, contra 86,66% na Fazenda Ipanema.

Recomenda-se a realização de mais estudos para mensurar o impacto da faixa etária como fator de risco para níveis quantificáveis de cádmio e também para identificar as similaridades no sistema de criação entre os locais de ocorrência preferencial.

²¹ Para detecções/análise, SJRP (0,17) fica na verdade com o 2º menor índice que é superior ao de CPS e IPA (0,13), conforme se observa na tabela 9

A utilização de uma única matriz de análise, de maior sensibilidade, poderia representar forma de padronização dos resultados e melhor direcionar a identificação de fatores de risco. A continuidade no aprimoramento dos critérios do PNCRC, tende a padronizar inclusive este elemento. Neste contexto, observa-se que a partir de 2007 os detalhes de funcionamento do plano, estabelecidos com base na IN 42/1999, tem anualmente definido a realização de pesquisas para metais pesados exclusivamente em um tipo de tecido para cada espécie animal. Em bovinos, isso significa a obtenção de dados exclusivos de rim para arsênio, chumbo ou cádmio, variando-se unicamente o TMC conforme o analito, sendo de 1000 ppb para arsênio e cádmio e de 500 ppb para chumbo (apêndice C).

Na UTRA Guaratinguetá foi observada a mais elevada mediana (138,26 ppb) da concentração de cádmio (Gráfico 11). Entretanto, mesmo que as quantificações nas outras UTRAs possam estar numa faixa similar estas apresentam muitos valores discrepantes, o que talvez não tenha ocorrido em Gua em virtude de sua menor participação no PNCRC, neste aspecto ficando na frente apenas de Araraquara (Tabela 3).

A amostra composta pelos 369 tecidos bovinos avaliados pelo PNCRC em São Paulo entre 2002 e 2010 informou que as concentrações de cádmio não possuem distribuição normal (média=75,76; DP=155,75; KSZ=6,019; $p=0,000$). Esta distribuição foi observada nos resultados da UTRA Araraquara ($n=6$; média=7,08; DP=17,34; KSZ=1,204; $p=0,110$) e da UTRA Guaratinguetá ($n=8$; média=107,34; DP=70,52; KSZ=0,670; $p=0,761$).

O maior poder dos testes paramétricos torna possível cogitar seu emprego para comparação entre as médias das UTRAs Guaratinguetá e das demais em conjunto, tendo-se em vista o destaque da primeira como região de predileção para detecções de cádmio (Tabela 7), considerando-se o teorema do limite central (PETRIE; WATSON, 1999). Este possibilitou tal comparação com as demais UTRAs, mesmo na ausência de distribuição normal para as concentrações de cádmio, pois a amostra que as representa possui $n=361$.

Constatou-se como insignificante a diferença entre as médias 107,34 ppb e 75,06 ppb, respectivamente de Gua e das demais UTRAs (Tabela 10), tendo-se utilizado teste paramétrico. Desta forma, indica-se realmente não existir diferença já que este é dotado de maior poder estatístico, ou seja, maior habilidade de identificação de diferenças.

Testes não paramétricos são recomendados nos casos de não atendimento à premissa de distribuição normal das variáveis nas amostras em comparação, como no caso. Estes também indicaram que as diferenças não são significativas, uma vez que para avaliar se a mediana das concentrações de cádmio era ou não igual entre Guaratinguetá e as demais regionais administrativas, obteve-se valor $p=0,065$, com o uso do teste U de Mann-Whitney (Tabela 10).

Como previamente a UTRA Gua foi reconhecida como de ocorrência preferencial para detecções de cádmio o referido valor de p poderia ser considerado argumento suficiente para decidir pela diferença nas medianas entre as regiões, neste caso para um $\alpha=0,10$. Tal diferença remeteu à busca de qual das regionais, do conjunto das UTRAs comparado com Gua, diferia desta última. Entretanto, o teste de Kruskal-Wallis levado a efeito para este propósito, revelou que as concentrações medianas de cádmio são estatisticamente iguais entre as UTRAs ($\chi^2=12,234$; 9 gl; $p=0,200$ – Tabela 10, nota e).

Portanto, mesmo que se tenha selecionado o nível de 0,065 de significância, para comparação entre Gua e as demais UTRAs, constata-se que a diferença entre elas não é significativa.

Não caberia passar ao contexto de comparações múltiplas, a partir de teste Kruskal-Wallis associado a $p=0,200$. Ainda que assim se fizesse, o valor obtido de $p=0,101$ (não demonstrado) seria superior ao novo nível de significância estabelecido ($\alpha=0,065$). Além disso, o $p=0,101$ para ser considerado significativo teria de ser inferior aos níveis de significância com a correção de Bonferroni, ou seja $\alpha/\text{número de comparações}$ (FIELD, 2005 - p. 550, item 13.4.5), o que os faria ficar menores do que o atual $\alpha=0,065$.

Deve-se observar que a primazia das detecções de cádmio nos bovinos oriundos das microrregiões de Guaratinguetá não tem relação com os níveis médios ou medianos desta UTRA, o que torna relevante a identificação de características próprias locais do sistema produtivo, pois ainda que nesta regional a média das concentrações (107,34 ppb, $n=8$) seja mais elevada do que nas demais (75,06 ppb, $n=361$), tal diferença é estatisticamente insignificante ($t=0,58$; 367 gl; $p=0,563$).

No levantamento de Alkmin Filho (2011), os níveis médios do Brasil variaram de 207,53 a 197,75 ppb, em sua amostra com $n=311$ fígados e $n=683$ rins bovinos, respectivamente. As concentrações médias de cádmio no estado de São

Paulo parecem ser menores do que as do restante do Brasil, idem para as concentrações medianas. Mesmo que o autor tenha definido as concentrações de forma separada em fígado e rim, as medianas de 121,0 e 142,5 ppb são menores do que as observadas no conjunto de tecidos analisados em todas as UTRAs do estado de São Paulo, com exceção de Guaratinguetá, cuja mediana foi de 138,26 ppb.

Os níveis medianos do país são da mesma ordem que os 75% maiores valores observados em algumas regionais de São Paulo, sendo que a mediana de 121 ppb do Brasil é comparável ao 3º quartil na UTRA Botucatu (124,125) e Ipanema (135,165), enquanto o nível mediano de 142,5 ppb corresponde ao percentil 75 da UTRA Guaratinguetá (158,50). Assim, tanto as concentrações médias como os níveis medianos de cádmio nesta e nas demais UTRAs, são inferiores àqueles do restante do país (Tabela 10).

Em São Paulo, também houve diferença nos níveis de cádmio conforme os tecidos, demonstrada pelo teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2=50,254$; 2 gl; $p=1,22E-11$) que comparou fígado ($n=14$, rank médio=150,64 ppb), rim ($n=129$; rank médio=236,63 ppb) e músculo ($n=226$; rank médio=157,66 ppb). De fato, destaca-se a matriz rim, com níveis medianos de cádmio significativamente distintos aos de fígado (Mann-Whitney $U=435,0$; $p=0,001$) ou de músculo (Mann-Whitney $U=8384,5$; $p=4,717E-12$), não havendo diferença entre fígado e músculo (Mann-Whitney $U=1569,0$; $p=0,956$). Estes resultados concordam com os de Alkmin Filho (2011), que também observou as maiores concentrações de cádmio em rim.

Na regional Gua as quantificações de cádmio continuarão variando de 48 a 166 ppb em 95% das infinitas amostras que venham a ser avaliadas com $n=8$, caso as circunstâncias produtivas permaneçam iguais às vigentes entre 2002 e 2010, mantendo-se a maior precisão entre todas as UTRAs em vista da inexistência de qualquer valor discrepante nesta região (Gráfico 11). O nível mediano de 138,26 ppb (Tabela 10), vem sugerir que as concentrações superiores a tal valor, ao ocorrerem em 50% da casuística, possam determinar violações em músculo, cujo TMC é de 100 ppb, mas principalmente, que indiquem a circulação de níveis, mais elevados dos que os máximos permitidos em músculo, que ficarão sem qualquer medida restritiva, caso as quantificações sejam realizadas em fígado ou rim, matrizes em que o TMC consta de 500 e 1000 ppb, respectivamente (Tabela 1).

Mesmo que as violações em músculo possam ser o alvo de controle dos programas nacionais de resíduos e contaminantes, dado que são imediatamente relacionadas com o produto mais consumido dentre as alternativas das vísceras de bovinos, os níveis inferiores a 100 ppb em músculo representam exposição humana prolongada, tendo-se em vista a incapacidade dos miofibroblastos sintetizarem cádmio-tionina. Tal fato já foi aventada em estudos realizados em ratos, indicando que o cátion cádmio não fica retido no músculo, sendo transportado para o fígado (LÓPEZ ALONSO et al., 2000). Isto significa que o músculo bovino pode não apresentar níveis de violação para definição de ações restritivas ao sistema produtivo, a menos que concorra uma massiva dose contaminante, o que destaca a pertinência de se identificarem e controlarem fatores determinantes da presença de cádmio em baixos níveis como forma de evitar tal forma de exposição prolongada. Deve-se destacar que tais níveis baixos em músculo são considerados relevantes pelas autoridades europeias que estabelecem o TMC de 50 ppb nesta matriz (UE, 2006).

Ressalta-se a necessidade de intervenções para fazer frente aos baixos níveis peculiares à regional de Guaratinguetá, que a fizeram destacar-se com a maior razão de 0,50 detecções/análise (Tabela 9). Tanto para os níveis detectáveis em músculo, responsáveis pela premência de detecções de cádmio nesta UTRA devido a 71,4% das análises terem sido realizadas em tal matriz na região (5 de 7=0,714 pesquisas entre 2006 e 2009), mas também para os níveis detectáveis em fígado ou rim, previamente à ocorrência de violações nestes tecidos, uma vez que a exposição prolongada deve ser combatida mesmo para concentrações inferiores a 100 ppb em músculo, o que motiva evitar níveis superiores a tal valor nas outras matrizes cujo TMC é maior do que este.

6.2.3 Arsênio

Constatou-se preferência da UTRA Ipanema para detecções de arsênio em bovinos oriundos de suas jurisdições, que tenham sido abatidos entre 2002 e 2010 (Tabela 5). Este destaque tem relação com 0,8 detecção/análise na referida regional, superior às razões 0,60; 0,30; 0,30; 0,25; 0,24; 0,23; 0,21; 0,21; 0,14,

observadas respectivamente nas UTRAs Araraquara, Botucatu, Ribeirão Preto, Guaratinguetá, Presidente Prudente, Marília, Araçatuba, São José do Rio Preto e Campinas (Tabela 9).

De fato, ao avaliar quão mais provável é a detecção de arsênio nos municípios que integram a Fazenda Ipanema, observam-se chances 12,59 vezes maiores de detecção do que no conjunto das outras regionais do estado de São Paulo (Tabela 7).

Há características peculiares na região da Fazenda Ipanema, uma vez que a maior regularidade de seu excesso em detecções de arsênio, manifesta por uma menor quantidade de valores discrepantes nas concentrações deste contaminante entre 2002 e 2010 (Gráfico 12), sugere que os níveis sejam superiores em bovinos desta UTRA. Reforça-se esta constatação ao observar-se que a média 61,02 ppb, obtida na amostra de $n=10$ para Ipanema, é estatisticamente diferente ($t=2,48$; 9,09 gl; $p=0,035$) da média 9,79 ppb referente à amostra de $n=336$, do conjunto das demais UTRAs (Tabela 10).

A comparação citada considerou a distribuição normal da amostra da UTRA Ipanema ($n=10$; $KSZ=0,757$; $p=0,615$) e o $n=336$ da amostra do conjunto das demais regionais administrativas do estado, possibilitando teste paramétrico com base no teorema do limite central, ainda que a amostra de maior “n” não apresente distribuição normal ($KSZ=6,915$; $p=0,000$).

Mesmo tendo justificativa para uso do comentado teste t de Student, a constatação de falta de normalidade na distribuição das concentrações de arsênio no geral do estado ($KSZ=6,771$; $p=0,000$), ensejou que se empregasse o teste de Kruskal-Wallis para comparar os níveis de arsênio conforme o fator nominal UTRA, composto por 10 grupos. Formalizou-se, portanto, diferença entre as regionais ($\chi^2=30,924$; 9 gl; $p=0,000$), como se vê na tabela 10, atentando-se para a nota “f”, ou seja, confirmou-se o que se previu com o teste paramétrico.

Para averiguar quais das UTRAs diferiam, ao invés de fazer comparações múltiplas, gerou-se novo teste de Kruskal-Wallis sem a participação dos dados da Fazenda Ipanema. Tal comparação mostra que a diferença entre as regionais passou a ser insignificante [$\chi^2=9,819$; 8 gl; $p=0,278$ - vide nota “g” (Tabela 10)]. Prescindindo da participação de Ipa, juntamente com o teste anterior envolvendo todas as UTRAs, esta avaliação levou à constatação de que a diferença nas concentrações medianas de arsênio, apontada pelos testes t e de Kruskal-Wallis para

todas as regionais, deve-se à UTRA Ipanema possuir a maior. Isto é confirmado pela significância do teste não paramétrico da comparação dos resultados de Ipanema com o do restante das UTRAs (Mann-Whitney $U=336$; $p=3,185E-06$).

No estado de São Paulo com um todo o nível mediano de arsênio é “zero”, apesar das medianas parciais de 16,57; 0,026; 43 ppb, quando se consideram Ara, Btu, Ipa, respectivamente (Tabela 10). Logo, entre 2002 e 2010, São Paulo teve o mesmo nível mediano relatado pela União Europeia em 2009 (EFSA, 2009). Entretanto, as concentrações de arsênio em bovinos do estado são ligeiramente superiores.

Dos vários países que enviaram resultados para referida avaliação da UE, apesar da mesma mediana “zero”, constataram-se níveis médios variando entre 3,6; 3,9 e 6,0 ppb, respectivamente para análises em fígado, músculo e rim (EFSA, 2009). Menores, portanto, do que as médias de 61,02 ppb observadas na UTRA Ipanema ou mesmo em relação aos 9,79 ppb detectados no conjunto das demais regionais paulistas. A autoridade europeia não esclareceu se utilizou os valores inferiores ao LQ no cálculo das médias.

Pode-se dizer que os níveis de São Paulo continuariam sendo mais elevados, caso na avaliação da UE não tenham sido considerados os valores inferiores ao LQ e que, do contrário, os níveis paulistas ainda seriam maiores, pois a inclusão dos referidos resultados diminuiria adicionalmente a média europeia.

Alkmin Filho (2011), ao avaliar os dados do PNCRC de 2002 a 2008, a partir de uma amostra de $n=978$ bovinos para o Brasil como um todo (fígado: $n=375$; rim: $n=603$), observou mediana de 20 ppb, com média variando de 27,42 a 30,55 ppb, respectivamente para fígado e rim.

Consideraram-se exclusivamente as análises realizadas no LANAGRO/MG, o que por si não modifica a média expressivamente²², dada a aleatoriedade com que são feitos os sorteios para envio de amostras a todos os LANAGROs. Como as médias foram calculadas apenas para os resultados superiores ao limite de

²² Ainda que a média da amostra não seja exatamente igual a média da população, em vista do erro amostral embutido na estimativa (PETRIE; WATSON, 1999 – p. 46), pode-se considerar a média da amostra de $n=978$, obtida da amostragem aleatória processada no LANAGRO/MG, como estimativa aceitável da média populacional. Isto porque a média estimada poderia ser parcionada em várias subamostras de “n” menor e igual entre si, cuja soma constituiria a média das médias de amostras, representando um estimador não viciado da média da população (todos os valores possíveis das concentrações de arsênio em bovinos), e ainda o valor que envolve menor erro numa previsão (PEREIRA, 2010 – p. 78 e 127)

quantificação (ALKMIN FILHO, 2011), fica inviável compará-las precisamente com a tabela 10, que tampouco separa os dados por tipo de matriz.

Num primeiro momento, há sugestão de que as concentrações de arsênio em bovinos do estado de São Paulo sejam inferiores à média nacional, para todas as UTRAs, com exceção da Fazenda Ipanema, cuja média é 61,02 ppb. Constata-se, no entanto, que tal diferença é devida à inclusão de valores inferiores ao LQ no cálculo da média. Considerando-se somente valores superiores a este, observa-se que a média passa a ser 43,14 ppb, tendo coeficiente de variação ($CV = DP/média \cdot 100$) de 103%. Este é maior do que o CV de 95,59% ($26,21/27,42 \cdot 100$) e de 85,43% ($26,10/30,55 \cdot 100$), referentes aos resultados médios de 27,42 e 30,55 ppb para o Brasil inteiro, respectivamente para fígado e rim (ALKMIN FILHO, 2011).

Em São Paulo, sem considerar estratificação por matriz de análise, a estimativa de resultados em geral fica entre -1,30 e 87,58 ppb, levando em conta média (43,14 ppb) e desvio padrão (44,44 ppb), comparando-se aos intervalos de 1,51 a 53,93 para fígado e 4,45 a 56,65 para rim, relatados por Alkmin Filho (2011). Assim, apesar dos dados de São Paulo apresentarem maior variabilidade estes ficam em faixas coincidentes com os do Brasil, o que indica níveis similares, quando são avaliados apenas os resultados superiores ao LQ de arsênio em bovinos de corte.

Além da Fazenda Ipanema sobressair-se entre as UTRAs do estado de São Paulo (Tabela 10) suas concentrações média (61,02 ppb) e mediana (43,00 ppb), são superiores às observadas no país como um todo (ALKMIN FILHO, 2011).

Para arsênio, os limites de quantificação, definidores das detecções, e os teores máximos de contaminantes, aceitáveis pela legislação, são os mesmos em qualquer que seja a matriz de análise, ou seja, as detecções relacionam-se a resultados entre 10 e 1000 ppb em músculo, fígado ou rim (Tabela 1). A maior proporção de detecções/análises de arsênio na região de Ipanema indica seu destaque direto para este contaminante, já que não pode haver eventual justificativa de que os níveis mais elevados sejam decorrentes dos resultados prioritários em determinada matriz de análise, que seja referente a produto que tenha menor relevância em saúde pública, em vista de menor consumo.

Além da maior média de concentração de arsênio em bovinos procedentes da Fazenda Ipanema, mesmo que as amostras do período sejam de tamanhos

diferentes para as distintas regionais, também ocorre predominância de resultados individualmente mais elevados. Caso novas amostras de mesmo tamanho fossem repetidas, lembrando que Ipa possui distribuição normal das concentrações de arsênio, estimam-se constatar faixas de variação de 14,42 a 107,63 ppb em 95% dos resultados da UTRA Ipanema, ou seja, faixa totalmente superior aos níveis médios de quaisquer das outras regionais, enquanto as circunstâncias ambientais e produtivas permanecerem como as vigentes no período 2002 a 2010.

As considerações a respeito da probabilidade elevada de se obterem novos resultados de arsênio na UTRA Ipanema, cujas concentrações sejam superiores às das demais regionais administrativas do MAPA, decorrem das estatísticas descritivas para as concentrações observadas (Tabela 10).

Juntamente com o tamanho da amostra, obtida entre 2002 e 2010, de $n=5$, 85, 27, 4, 8, 10, 39, 54, 43, 61, respectivamente nas UTRAs ara, aru, btu, cps, gua, ipa, mar, pru, rao, sjr, estabeleceram-se intervalos de confiança de 95% para as concentrações de arsênio em Araraquara (-1,37|-|22,015) e Fazenda Ipanema (14,42|-|107,63), em vista destas apresentarem a distribuição normal de base para os referidos intervalos.

A coincidência de um segmento do intervalo entre Ara e Ipa dimensiona a possibilidade de eventuais resultados das outras regionais caírem na faixa de Ipanema, sem que isso signifique uma sistemática de valores tão elevados como os desta, cuja ocorrência superior é estatisticamente significativa como demonstrado anteriormente.

Dividindo-se os resultados em quartis de ocorrência, constata-se que as 25% maiores concentrações de arsênio ocorrem, em ordem decrescente, nas UTRAs Ipanema (83,20 ppb), Ribeirão Preto (17,38 ppb), Araraquara (17,0 ppb), Guaratinguetá (11,08 ppb), Botucatu (10,08 ppb), Araçatuba (2,96 ppb), Presidente Prudente (0,12 ppb), Campinas, Marília e São José do Rio Preto (0,03 ppb). Mesmo que não se tenha registrado qualquer violação de arsênio no período 2002 a 2010, em decorrência dos níveis detectados não terem ultrapassado o TMC de 1000 ppb, o destaque regional da Fazenda Ipanema, tanto na frequência das detecções, como de seus mais elevados níveis, chama a atenção para a necessidade de se identificarem os fatores produtivos e/ou ambientais que tornam tal localidade peculiar. Como os efeitos deletérios da exposição ao arsênio podem ocorrer com baixas doses, um sistema de identificação e suspensão de fatores

que possam resultar mesmo em baixos níveis de contaminação representaria vanguarda nacional às exigências de autoridades sanitárias externas, bem como oferta de produtos cárneos de menor risco.

Para exequibilidade de tal sistema de vigilância epidemiológica restaria estabelecer um nível mais rigoroso do que os 1000 ppb considerados como TMC neste estudo. Deve-se destacar que os níveis máximos, atualmente permitidos pelo Ministério da Saúde brasileiro, de 500 ppb em músculo e os mesmos 1000 ppb em fígado ou rim (MERCOSUL, 2011) são compatíveis com as presentes considerações, porque o resultado mais elevado de arsênio neste estudo foi de 287,96 ppb, ou seja, apesar de ter sido detectado em músculo ainda é inferior ao TMC vigente a partir de 2011, contextualizando a aludida diminuição de limites para fins de atualizar os níveis *ALARA*. A assertiva ainda é verdadeira, mesmo que este valor seja superior aos 156 ppb máximos relatados por Alkmin Filho (2011).

Apesar daquele autor ter estudado dados de 2002 a 2008 dos tecidos processados exclusivamente no LANAGRO/MG, foram constatadas concentrações superiores a 156 ppb no ano de 2007 pelo LANAGRO/PE (159,74; 225,82; 287,96), respectivamente nos municípios de Barretos, Guareí e Santa Cruz do Rio Pardo, justificando a divergência.

Cabe reduzir o nível tolerado (EFSA, 2009), com vistas a aprimorar as ações de mitigação no sistema de criação, o que será possível desde que as tecnologias atuais permitam. Entretanto, não haverá possibilidade de redução em contaminações evitáveis, a menos que seja implementado sistema atrelado a ações para concentrações reduzidas.

O presente estudo não pretende fornecer uma definição final de um nível máximo tolerado que seja compatível com boas práticas agrícolas. Para tanto, deverão ser consideradas outras questões, inclusive as relacionadas com as tecnologias disponíveis e os custos associados. No entanto, como é necessário estabelecer um limite objetivo, embutido em um sistema de vigilância epidemiológica com base nos resultados do PNCRC, poder-se-ia considerar inicialmente algo entre a média 61,02 ppb e o terceiro quartil 83,20 ppb (Tabela 10).

Uma tolerância máxima para o valor médio ou para aquele limite separador dos 25% maiores resultados da regional Ipanema, destaque em São Paulo como local de maior risco para detecções, representa abordagem para aprimorar os

atuais procedimentos de gerenciamento do risco químico associado a arsênio, enfatizando a necessidade de providências, entre as autoridades competentes, para fiscalização de cada etapa da cadeia produtiva bem como para possibilitar foco para atuação do elo produtivo.

Quaisquer dos dois critérios propostos, pode ser justificado ao representar valor inferior ao já vigente de 1000 ppb, ou mesmo aos 500 ppb para músculo conforme Mercosul (2011), sendo menos conservadores do que o limite mínimo de 10 ppb relacionado ao LQ, caso este não tenha condições de prevenção com as tecnologias e custos de produção atuais.

A exposição ao arsênio via alimentos é menor do que a correspondente em água, o que se denota da tolerância de 500 ppb em carne (MERCOSUL, 2011), maior do que os atuais 10 ppb na água potável observados nos EUA, União Europeia e Brasil (UE, 2008; SMITH et al., 2002; BRASIL, 2011a).

O estabelecimento de TMC na matriz específica é considerado suficiente para salvaguardar a saúde pública. Mesmo que os níveis entre 10 e 500 ppb, em músculo bovino, não representem risco de efeitos adversos à saúde do consumidor, por não ultrapassarem o TMC, a vinculação de um sistema de vigilância epidemiológica, com foco nas baixas concentrações, possibilitará criar condições para acompanhar o rebaixamento dos níveis toleráveis, em perspectivas de tempo gerenciáveis, caso as evidências científicas venham a assinalar a necessidade de diminuição no limiar definidor de risco, o que inclusive pode significar ações antecipadas para conter a difusão da contaminação nos alimentos (KÄFERSTEIN; ABDUSSALAM, 1999).

A autoridade europeia para inocuidade alimentar apresentou, em 2009, resultados de estudos indicando que a tolerância provisória semanal de 15 µg/kg de peso, estabelecida pelos especialistas em aditivos do *Codex Alimentarius* (JECFA), deixou de ser apropriada para proteção da saúde dos europeus. A justificativa refere-se à constatação de câncer de pulmão, bexiga e pele, relacionada a doses diárias de 0,3 a 8 µg/kg de peso, tal amplitude representando a exposição ao arsênio inorgânico do médio consumidor da Europa. Desta forma, a opinião científica, do painel de contaminantes na cadeia alimentar, foi de que ainda não é possível identificar, com base em dados de seres humanos, uma dose de arsênio que não traga riscos apreciáveis para a saúde. Recomendou-se, portanto, realizar uma avaliação entre os pontos de referência identificados nos dados citados e a

estimativa de exposição dietética da população, antes que se possa estabelecer novos limites de tolerância diária ou semanal (EFSA, 2009).

Em se tratando de arsênio, é reconhecida a pertinência de atualização dos níveis regulamentares, que levaram a diminuição de 50 para 10 ppb na tolerância para água (SMITH et al., 2002). Apesar de ser estabelecido TMC na legislação do Mercosul (2011) seguida pelo PNCRC (BRASIL, 2012b), a legislação da União Europeia para alimentos ainda não estabeleceu limite para arsênio (UE, 2006).

Deve ficar claro que o “TMC” utilizado neste estudo para músculo, na verdade, foi convencionado de forma a ficar com a mesma magnitude dos previstos para rim ou fígado, de 1000 ppb. Na legislação nacional, não se define TMC de arsênio para músculo (vide apêndice C), mas foram gerados resultados do PNCRC para esta matriz de 2002 a 2008. Ainda que tal fato possa estar relacionado com exames em múltiplas matrizes a cada unidade amostral, como forma de tirar eventuais dúvidas diagnósticas, o banco de dados com tais resultados foi utilizado de maneira a obter informações sobre os baixos níveis, mesmo que na legislação somente tenha sido, ocasionalmente, definido o LQ de 10 ppb de arsênio em músculo, sem estabelecer seu TMC.

No apêndice C, observa-se que a legislação do PNCRC segue o TMC de 1000 ppb, exclusivamente em rim desde 2007, enquanto no Mercosul (2011) também se prevê o TMC de 500 ppb para arsênio em carnes e na União Europeia (UE, 2004b; UE, 2006), não há qualquer TMC em alimentos para tal contaminante.

As propostas consideradas com base nas detecções de arsênio, ou seja, de quantificações superiores ao LQ e menores que o TMC, conforme critérios da peculiaridade regional deste contaminante na Fazenda Ipanema, referem-se a um sistema de vigilância epidemiológica que pode vir a acompanhar o sistema produtivo no estado de São Paulo, uma vez que partiu da premissa regulatória, aplicada aos fatores identificados neste estado, sendo pertinente o destaque da UTRA Ipanema.

O mais importante é propor que os limites objetivos em outros estados possam ser definidos por critérios locais, mas de qualquer maneira enfatizando-se a necessidade de se identificarem fatores ativos, durante a etapa de criação animal, que possam concorrer para as detecções preferenciais de arsênio, o que concorda com Heberer et al. (2007). Estes autores defendem a necessidade de utilizar

limites inferiores ao TMC como limites de ação para os quais a extrapolação motiva a identificação da causa, com vistas à mitigar a exposição à substância indesejada, o que dizem requerer um esforço adicional para reduzir os níveis máximos atuais.

6.2.4 Conjunto Arsênio, Chumbo e Cádmio

A formalização de associação significativa entre UTRA e detecção de metais pesados, bem como do efeito de risco das associações identificadas, foi utilizada para definição de locais de ocorrência prioritária de cada metal, previamente à avaliação dos fatores determinantes.

Na sequência deste estudo foi utilizada modelagem de regressão logística para identificação de fatores de risco para as detecções de arsênio, chumbo e cádmio, levando em conta a predileção regional para cada contaminante. Outros fatores de risco poderão ser identificados em abordagens que vinculem fatores produtivos com a propriedade de origem dos animais, uma vez que nesta pesquisa, baseada no município como unidade de análise, excluíram-se os dados de todas as cidades que não puderam ser classificadas como áreas de ocorrência ou de não ocorrência mutuamente exclusiva.

6.3 PERÍODO AVALIADO NA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO DAS CONTAMINAÇÕES

O aumento nos investimentos laboratoriais do MAPA, passando de US\$ 8 para 21 milhões entre 2006 e 2007, com implicações em infraestrutura e programas de garantia da qualidade ligados à acreditação de métodos conforme ISO 17025 (MAURÍCIO et al., 2009), norteou a divisão do banco de dados em dois períodos. Aliando-se à constatação de maiores níveis de contaminantes a partir de 2006, definiu-se o segmento 2002 a 2005 como “período 1”, enquanto os anos de 2006 a 2010 compuseram a segunda sequência. Enfatizando-se o estado de

São Paulo, observa-se que o “n” amostral manteve-se em quantitativos médios iguais nos dois períodos, para quaisquer dos contaminantes considerados (Tabela 2), demonstrando o critério homogêneo dos sorteios do PNCRC.

A sensibilidade para violações foi maior no período 2006-2010 (Quadro 1). Entre 2002 e 2005 não houve qualquer violação em 274 análises daqueles metais que se envolveram com violações no segundo período. Para conclusão a respeito da referida sensibilidade, portanto, excluíram-se os registros referentes a arsênio, por este não ter apresentado violações, assim como os de mercúrio, porque a permanência deste inviabilizaria o teste de qui-quadrado²³.

De 2006 a 2010 houve 59 violações dentre 747 análises, gerando diferença nas proporções entre os 2 períodos ($\chi^2_{\text{yates}} = 33,16$; 1 gl; $p = 8,47\text{E-}09$: *vide nota 10 na página 56*) com uma proporção de 7,9% de violações. Caracteriza-se, portanto, a maior ocorrência destas últimas entre 2006 e 2010, tanto para cádmio e chumbo em conjunto ($\text{Res}_{\text{aj}} = 6,1$; $p = 1,06\text{E-}09$), como considerados isoladamente (Quadro 1).

A sensibilidade para detecções também foi maior no período 2006 a 2010. Observa-se das 204 detecções uma proporção de 29,4% entre as 693 análises para pesquisas de arsênio, cádmio ou chumbo nestes anos, destacando-se como ocorrência significativamente ($p < 0,001$) maior, relativamente ao trecho 2002 a 2005, face ao resíduo padronizado ajustado de 12,1 (Quadro 2). Quando se observam os contaminantes de maneira isolada, constata-se que as detecções individuais da mesma maneira se destacam no período 2006 a 2010, como se vê para arsênio, chumbo e cádmio, cujos resíduos padronizados ajustados são de 8,4; 4,0 e 8,2, respectivamente.

Estudo paralelo apontou maiores percentuais de contaminação por metais pesados entre 2002 e 2005. Para arsênio, foi apresentada maior ocorrência em fígado nos anos 2002 e 2003, o mesmo ocorrendo para cádmio nos anos de 2004, 2005 e 2007, enquanto não se relatou diferença na porcentagem de matrizes contaminadas por chumbo. Para rim, a maior contaminação por arsênio foi observada no ano de 2003. Para cádmio, houve maior ocorrência nos anos de 2004 e 2006, menor no ano de 2003, sendo que chumbo manteve-se sem diferenças significativas no período 2002 a 2008 (ALKMIN FILHO, 2011).

²³ Frequências esperadas inferiores a 5 em 50% das células da tabela de contingência

As tendências comentadas acima foram obtidas a partir de tecidos bovinos, processados exclusivamente no LANAGRO/MG, entre 2002 a 2008, no âmbito do PNCRC. Como tais dados constituem subgrupo dos considerados neste trabalho, que envolveu todos os laboratórios participantes do PNCRC entre 2002 e 2010, a menor capacidade de detecção observada no presente estudo, para o período 2002 a 2005, pode ter feito parte dos aprimoramentos gerais de infraestrutura e garantia de qualidade laboratorial sugeridos por Maurício, et al. (2009).

Para reforçar a impressão de aprimoramento no banco de dados entre 2006 e 2010, deve-se levar em conta a implementação da ferramenta computacional “SISRES” entre os períodos 1 e 2 ora considerados. Registrar resultados de forma padronizada na base de dados integra os objetivos deste sistema que também se presta a acompanhar todo processo de operacionalização do plano amostral, contando com o sorteio do local de amostragem, espécie, analitos e matriz de análise, servindo de guia para as ações gerenciais destinadas a otimização do PNCRC, como observado por Lins et al. (2012).

O Gráfico 1, em conjunto com a tabela 2 e os quadros 1 e 2, possibilitou constatar maior sensibilidade analítica dos laboratórios da rede oficial do MAPA no período 2006 a 2010 tanto para detecções como violações, a despeito do “n” amostral sorteado para os metais pesados ser estatisticamente igual entre 2002 e 2010. Esta foi a justificativa para seleção dos dados de 2006 a 2010 na busca de fatores de risco para as contaminações.

A representatividade de São Paulo no PNCRC, cerca de 10% da amostragem nacional para metais pesados em bovinos abatidos no período 2002 a 2010 (Gráfico 2), permite indicar para o país como um todo o procedimento de identificação de fatores de risco de detecções neste estado.

6.4 DISTRIBUIÇÃO CRONOLÓGICA DE METAIS PESADOS

Entre 2006 e 2010, em termos de país, houve aumento no total bruto de resultados negativos (não quantificação) para os metais pesados analisados pelo PNCRC em bovinos abatidos. Ao mesmo tempo, houve diminuição das violações

aos limites legais máximos para o conjunto destes contaminantes inorgânicos, paralelamente a um aumento nas detecções (Gráfico 13).

Os contaminantes arsênio, mercúrio, chumbo e cádmio, pesquisados em bovinos abatidos, tiveram um perfil diferenciado quando se consideraram os eventos de não quantificações²⁴, detecções e violações no PNCRC. Para o conjunto de metais pesados não ocorreram violações de arsênio em todo período 2006-2010. Para mercúrio estas somente ocorreram entre 2006 e 2007 (mapas 1 e 2), em paralelo com a não realização de pesquisa deste metal nos anos de 2008 e 2010. De 2006 a 2009 houve violações de chumbo e cádmio, sendo que em 2010 todas as violações registradas foram deste último (Mapa 5).

A distribuição de metais pesados no Brasil destaca o predomínio progressivo de não quantificações (pontos verdes) de 2006/2007 (Mapas 1 e 2) a 2008/2010 (Mapas 3 a 5), paralelo a um aparentemente menor número de detecções (pontos alaranjados) e a uma diminuição sequencial de violações (pontos pretos). A oscilação das detecções entre os anos do período 2006-2009 sugere um mesmo patamar de ocorrência anual tendo-se observado um aumento de detecções no ano de 2010, sendo relativamente mais pronunciado em São Paulo (Gráfico 14), do que no conjunto nacional (Gráfico 13).

6.5 TENDÊNCIAS DAS SÉRIES HISTÓRICAS

Embora tenha havido tendência de diminuição significativa nas violações de metais pesados no país, com um decréscimo anual médio de 82,4 violações (Quadro 3), não houve tendência de aumento nas detecções, para o conjunto de arsênio, chumbo, mercúrio e cádmio, dado que o modelo gerado pelos 5 pontos anuais foi insignificante (Quadro 4). Aparentemente ocorreu uma substituição das violações entre 2006 e 2008, que se transformaram em resultados negativos em 2009, e novamente em 2010 (Gráfico 13).

²⁴ A expressão “não quantificação” neste estudo foi utilizado para indicar o resultado negativo, sinônimo de uma “não detecção”, sendo evitado o último termo em vista de também constituir oposição às violações, ou seja, não se trata apenas de antônimo de detecção

Supondo-se que os critérios laboratoriais e de amostragem mantiveram-se uniformes em todo período 2006 a 2010, pode-se afirmar que realmente houve diminuição na distribuição ambiental do conjunto dos metais pesados no Brasil, no que se refere às concentrações consideradas inaceitáveis em termos de saúde pública.

A exposição a metais pesados, em baixas doses características das detecções, apesar de aparentemente ter aumentado, sobretudo em 2010 (Gráfico 13), de fato não se elevou significativamente no período 2006-2010, como demonstra o valor de $p=0,160$ no quadro 4. Em conjunto com a distribuição nacional (Mapas 1 a 5), estes elementos sustentam o baixo risco das carnes bovinas brasileiras, no que se refere à exposição dos consumidores aos contaminantes inorgânicos. A referida situação de baixo risco já havia sido observada por Moretti et al. (2012a), especificamente para o ano de 2010, entretanto, a argumentação acima possibilita estendê-la a todo período 2006 a 2010.

Tornou-se necessário avaliar a distribuição das detecções de cada metal específico enfocando os potenciais aspectos preventivos a novas violações, uma vez que o evento violação pode ser considerado raro no período de estudo, apesar de não haver motivos para supor que as violações de metais pesados sejam problemas superados.

6.5.1 Detecções de Arsênio

Identificaram-se tendências para o Brasil como um todo e para algumas UFs (AC; MG; MS; MT; PR; SP), conforme quadros 5 e 6.

O estado de Minas Gerais demonstra tendência ($F=5,30$; $gl=2;25$; $p=0,012$) no segmento janeiro/2006 a dezembro/2008 (Quadro 5) com formato parabólico, ou seja, com crescimento nos totais mensais até um máximo seguido por diminuição até um mínimo de detecções de arsênio. O modelo “Detecções de arsênio = $0,426 - 0,150 \cdot seqc - 0,006 \cdot seqc^2$ ” descreve 24,2% da variação nas contagens totais de detecções de arsênio em MG.

No quadro 5, também pode ser constatado que as demais UFs (AC; MS; MT; PR; SP) apresentam tendências caracterizando alterações significativas nos totais

de detecções mensais de arsênio no período 2006-2010, observando-se que no caso do Acre os dados são apenas do período maio/2008 a outubro/2009.

O estado do Acre apresentou o modelo “Detecções mensais de arsênio= $0,657-0,061*seqc$ ” identificando tendência linear decrescente ($F=8,90$; $gl=1;7$; $p=0,020$). Assim, espera-se a cada mês registrar 0,061 detecções de arsênio a menos em relação ao mês antecessor. O modelo para o AC é capaz de prever 49,7% das variações nas detecções mensais de arsênio nesta UF. Entretanto, é importante conceber novo modelo a partir de uma maior série de dados, uma vez que o atual foi gerado a partir de apenas 9 registros mensais que foram obtidos na busca por um período maior, correspondente aos 60 meses entre janeiro de 2006 e dezembro de 2010.

No MS, caracterizou-se que o total de detecções mensais de arsênio segue um modelo de 3º grau, representado por aumento, diminuição e novo aumento, segundo o modelo “Detecções mensais de arsênio= $2,1621 + 0,0002*seqc^3 - 0,0013*seqc^2 - 0,1053*seqc$ ”, que responde por 12,3% da variação possível para tais ocorrências.

O modelo de tendências para o Mato Grosso é capaz de descrever 15,2% da variação mensal do total de detecções de arsênio, que se distribuem conforme a função “Detecções mensais de arsênio= $0,00021*seqc^3-0,00116*seqc^2-0,11591*seqc$ ”, ou seja, a distribuição de detecções possui tendência cúbica apresentando contagens mensais significativamente diferentes entre os meses ($F=4,48$; $gl=3;55$; $p=0,007$). A tendência de aumentos iniciais nas detecções para este modelo de 3º grau é observada de janeiro/2006 até agosto/2007, correspondendo à sequência de meses centralizados -30 a -10. Posteriormente, a sequência de meses centralizados evolui de -10 a +19 no período que se estende de agosto de 2007 a fevereiro de 2010, com diminuição nos registros de detecções de arsênio no MT para então observar-se nova onda de aumento nas detecções de arsênio no estado, a partir de março/2010 e até o final do estudo (dezembro/2010).

No Paraná, o período 2006 a 2010 aponta existência de uma tendência linear crescente para o total de detecções mensais de arsênio ($F=4,28$; $gl=1;45$; $p=0,044$). O modelo explica 8,7% da variação observada nos dados mensais do

PNCRC para esta UF e prevê ainda uma taxa de aumento nas detecções de 0,016 a cada mês, seguindo a função “Detecções de arsênio= $0,902+0,016*\text{seqc}$ ”.

O estado de São Paulo possui tendência cúbica ($F=6,90$; $gl=3;52$; $p=0,001$) na distribuição mensal da contagem das detecções de arsênio, devendo-se assinalar que estas foram realizadas por laboratórios oficiais agropecuários (LANAGROs), a partir de tecidos oriundos de bovinos abatidos colhidos pelo Serviço de Inspeção Federal. A tendência do modelo de 3º grau é a seguinte:

“Detecções mensais de arsênio= $1,33315+0,00018*\text{seqc}^3+0,00084*\text{seqc}^2-0,07669*\text{seqc}$ ”, sendo responsável pela descrição de 24,4% da variação nos totais mensais de detecções. Há aumento nas detecções ocorridas entre janeiro de 2006 e março de 2007, correspondente aos meses centralizados de -30 a -15,50, sucedendo-se por diminuição nas médias de detecções mensais entre os meses centralizados de -14,50 até +10,50, estes por sua vez integrantes do período abril/2007 a maio/2009. Posteriormente, observa-se novo incremento médio nas detecções de arsênio, a partir do mês centralizado 11,50 (junho/2006), até o final do período avaliado (dezembro de 2010).

A tendência nacional apresenta distribuição em formato aproximado de uma letra “N inclinada para direita” (Gráfico 20). Formalizando esta tendência por utilização de modelagem de regressão polinomial constatou-se aderência ao referido modelo cúbico ($F=7,45$; $gl=3; 56$; $p=0,0003$), capaz de explicar 28,5% da variação nos totais de detecções entre os 60 meses de janeiro de 2006 a dezembro de 2010 (Quadro 5).

As detecções mensais de arsênio nos outros estados relevantes para este fenômeno indicam tendência de diminuição linear para o Acre, com estimativa de decréscimo de 0,061 detecções a cada mês da sequência centralizada em junho/julho de 2008, enquanto no Paraná há tendência linear de aumento estimado em 0,016 detecções ao mês. A tendência linear destas duas unidades federativas não corresponde à expectativa de variação cúbica do conjunto do país.

Foram identificadas tendências compatíveis com um polinômio de terceiro grau nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo. É possível supor que estes últimos sejam os maiores responsáveis pelo modelo de tendência do Brasil, justificando a realização de estudos em tais UFs para identificação dos fatores desencadeantes das detecções de arsênio que se elevam, posteriormente diminuem e em seguida elevam-se novamente.

6.5.2 Detecções de Mercúrio

Não houve detecção de mercúrio em bovinos entre 2006 e 2010 (Tabela 12). As pesquisas neste período foram realizadas em tecidos obtidos entre 2006 e 2007, sendo que as não quantificações foram contabilizadas dentro da categoria “zero”.

Apesar de ser possível atribuir baixa relevância ao papel do mercúrio nos alimentos que não os frutos do mar, uma vez que estes constam da principal fonte alimentar de mercúrio notadamente como metil-mercúrio (UE, 2004b), a diminuição na dose de ingestão tolerável provisória de 5 para 4 µg por kg de peso do consumidor (WHO, 2010a) foi considerada argumento suficiente para arbitrar-se o limite máximo como 10 ppb (Tabela 1), mesmo que a rigor não constitua o TMC. Portanto, este limite superior foi utilizado como ponto de referência (BRASIL, 2009b) na indisponibilidade de um TMC, em vista da não previsão de limites máximos para mercúrio em bovinos abatidos em todas as publicações do PNCRC desde 2005 (BRASIL, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009a, 2010).

Das 129 pesquisas de mercúrio entre 2006 e 2007, observaram-se resultados inferiores a 10 ppb em 103. Desta forma, desconsiderando-se as eventuais questões relativas à sensibilidade da técnica utilizada, que apesar de importantes não fazem parte dos objetivos deste estudo, estes dados confirmam os baixos níveis de mercúrio em bovinos.

Calculando-se nos critérios aplicáveis ao desconhecimento de LMR (no caso TMC) previstos no item 7 do anexo 2 da IN 24/2009 (BRASIL, 2009b), o LQ foi considerado igual ao TMC, de maneira que todos os resultados superiores a 10 ppb foram contabilizados como violação - categoria “dois”, justificando a ausência de qualquer detecção - categoria “um”.

Mesmo que tenham sido realizadas pesquisas para mercúrio apenas nos anos 2007-2008, observa-se predomínio de não quantificações e algumas violações. De qualquer maneira o total de ocorrências é muito pequeno e insuficiente para definição de tendências (Tabela 12).

6.5.3 Detecções de Chumbo

Os totais anuais, do período 2006 a 2010, apontam ausência de detecção de chumbo em bovinos abatidos oriundos dos estados do Acre e de Sergipe. Os estados de AM e BA representam a menor casuísta anual em detecções de chumbo no PNCRC, com apenas uma detecção tanto para a Bahia em 2007, como para o Amazonas em 2010. O Maranhão soma-se ao grupo, registrando 4 ocorrências, sendo 2 detecções e 2 não detecções. A ordem crescente seguinte a das UFs com menor total de detecções no período, contempla SC, RS, RO, TO, PR, PA, MG, SP, GO, MS, MT, dentre os participantes do PNCRC, com total de 3, 5, 7, 8, 9, 10, 16, 26, 30, 44 e 55 detecções, respectivamente (Tabela 13).

O total de detecções anuais de chumbo em 2010 é menor do que o registrado em 2006 em todas as unidades federativas, com exceção de AM, ES, MA e MG (Tabela 13). Para o Amazonas tal quadro refere-se a apenas uma detecção ocorrida em 2010, não havendo registro para 2006.

As referidas comparações não dimensionam a distribuição das detecções no período 2006 a 2010 em razão das flutuações entre os anos e também porque alguns estados não apresentaram resultados para todos os anos da série. A série anual completa é de 5 anos correspondendo a 5 pontos para modelagem, ou seja, mesmo na melhor situação possível, com disponibilidade de dados para a série histórica inteira, ainda não seria possível estimar o modelo de tendência com precisão, dada a limitação no número de pontos anuais.

As tendências lineares são significativamente decrescentes (MS; PR – Quadro 7), o que em composição com o Gráfico 21 para os modelos de terceiro grau (MT; SP; Brasil) sustenta a diminuição nas detecções de chumbo entre 2006 e 2010, mesmo que nos modelos tenha sido considerada a diminuição média no total de detecções mensais e não diretamente nas detecções anuais.

No período 2006 a 2010, estima-se que a cada mês ocorra, em média, um decréscimo de 0,087 detecções de chumbo no país como um todo ($F=6,113$; $gl=1$; 58; $p=0,016$ – Quadro 11). A tendência linear decrescente também ocorreu em alguns estados, justificando a tendência nacional.

No Mato Grosso o modelo “Detecções de chumbo= $0,924-0,027*seqc$ ” formaliza a tendência significativa ($F=6,49$; $gl=1;57$; $p=0,014$) em prever diminuição mensal nas detecções, ainda que apenas 8,7% da variação observada seja devida ao modelo (Quadro 11), sugerindo que outras fontes de variação, além do mês, afetam a série. Entretanto, deve-se optar pelo modelo de terceiro grau para o MT, em decorrência de sua melhor capacidade explicativa manifesta pelo $r^2_{ajustado}=0,173$ (Quadro 7), considerando tendências de aumento nas detecções de chumbo que são posteriormente seguidas por diminuição e novamente por aumentos, mas de qualquer forma por diminuição marcada (Gráfico 21) nas ocorrências a partir de outubro/2006 ($seqc=-20,0$).

No Mato Grosso do Sul o modelo “Detecções de chumbo= $0,733-0,026*seqc$ ” sustenta tendência ($F=9,48$; $gl=1;58$; $p=0,003$) de diminuição linear nas detecções mensais, explicando 12,6% da variação nestas detecções (Quadro 7).

Em São Paulo a equação “Detecções de chumbo= $0,453-0,015*seqc$ ” indica tendência ($F=5,85$; $gl=1;55$; $p=0,019$) linear e decrescente garantindo que 8% da proporção de variação, em torno das detecções mensais de chumbo, seja devida aos meses no modelo paulista, quando se utiliza o modelo linear (Quadro 11) como alternativa ao de terceiro grau previsto no quadro 7.

No Paraná (Quadro 7) o modelo “Detecções de chumbo= $0,180-0,009*seqc$ ” explica 7,7% das flutuações mensais nos totais de detecções de chumbo em bovinos abatidos e ainda que tais detecções tendem a decrescer a uma taxa de 0,009/mês ($F=5,155$; $gl=1;49$; $p=0,028$).

A tendência nacional com expectativa de que o total de detecções em um mês seja 0,087 vezes inferior ao mês anterior é devida aos estados de MT, MS, SP, PR, uma vez que os coeficientes de regressão linear destas UFs são negativos, respectivamente de -0,027; -0,026; -0,015 e -0,009.

A utilização de equações preditivas mais complexas para os estados de MT, SP e para o Brasil como um todo disponibiliza modelos com maior capacidade explicativa, o que se percebeu dos maiores valores do coeficiente de determinação dos modelos de 3º grau, justificando a preferência por estes. Os modelos lineares²⁵ (Quadro 11) apresentam valores do $r^2_{ajustado}$ de 8,0% tanto para São Pau-

²⁵ MT: $Detecção_{mensal}^{Pb} = 0,924-0,027*seqc$ ($F=6,49$; 1, 57 gl; $p=0,014$);
 SP: $Detecção_{mensal}^{Pb} = 0,453-0,015*seqc$ ($F=5,85$; 1, 55 gl; $p=0,019$);
 Brasil: $Detecção_{mensal}^{Pb} = 3,683-0,087*seqc$ ($F=6,11$; 1, 58 gl; $p=0,016$)

lo como para o Brasil e de 8,7% para Mato Grosso, menores do que os alternativos 16,9%; 17% e 17,3% dos modelos cúbicos respectivos, como se vê no quadro 7.

Pondera-se que o ajuste de modelos de regressão para tendências deve considerar quais são os melhores modelos, pautados nos maiores valores de r^2 , mas que há possibilidade de se aumentar este valor simplesmente pelo aumento do nº de termos na equação (KLEINBAUM et al., 1998 – p.120).

A possibilidade de incremento de r^2 conforme expansão no total de termos vem sugerir que os modelos lineares significativos sejam efetivamente estimadores adequados das tendências de detecções mensais de chumbo em bovinos abatidos e que, desta forma, possam ser considerados alternativas válidas para os modelos de terceiro grau, dado que mais simples do que estes últimos, mesmo que tenham menores coeficientes de determinação. Por outro lado, os modelos cúbicos podem indicar a existência de uma maior complexidade no fenômeno das detecções, o que justificaria tal tendência variável representada por aumentos, seguidos de diminuições e novamente por aumentos, consecutivamente (Gráfico 21).

Considerando-se que os coeficientes $r^2_{\text{ajustados}}$ possibilitam a comparação de ajuste entre modelos com diferentes números de termos (PETRIE; WATSON, 1999), devem ser preferidos os modelos cúbicos do quadro 7, sendo que os modelos lineares alternativos (Quadro 11) prestam-se a nortear uma noção geral da tendência de diminuição nas detecções, como se comentou anteriormente.

Foi evidenciada tendência de queda brasileira nas detecções de chumbo. O decréscimo nas concentrações detectáveis em bovinos abatidos, nas UFs avaliadas pelo PNCRC, é sustentado por tendências lineares decrescentes nos estados de MS, PR e pelo segmento de decréscimo dos modelos cúbicos para MT e SP. Estes últimos provavelmente influenciaram o mesmo perfil no total mensal de detecções nacionais, já que suas tendências apresentaram decréscimo a partir da sequência centralizada -10 (agosto/2007) até por volta de +15 (outubro/2009), como pode ser observado no gráfico 21.

O efeito de queda nas detecções mensais de chumbo é mais pronunciado no total do Brasil do que em qualquer das UFs avaliadas separadamente, constata-se o coeficiente de regressão linear de -0,087 para o total geral do modelo

linear (Quadro 11). Mesmo assim é possível perceber que as tendências decrescentes em UFs individuais são mais pronunciadas no MT (-0,027) e no MS (-0,026), seguidos por SP (-0,015) e PR (-0,009), ao comparar os modelos lineares dos quadros 7 e 11.

6.5.4 Detecções de Cádmio

Os totais anuais apontam menor casuística de detecções de cádmio nos estados de SE; MA; AM; BA; AC (Tabela 14), considerando-se que estes não tiveram estabelecimentos sob SIF sorteados pelo PNCRC entre 4 e 2 anos do período 2006 a 2010. Dentre as UFs consistentemente sorteadas destacam-se as detecções de cádmio no MT (174); MS (149); GO (104), seguidas por SP (88); MG e PR (63 cada). Os totais intermediários de detecções anuais foram registrados nos estados de RO (37); RS; SC; TO (cada um com 29) e os menores no ES com 18 detecções.

Foram identificadas tendências para GO, MG, PR, RO, RS, SP e TO, conforme quadro 9. As demais unidades federativas, que não tiveram tendências significativas apesar de sorteadas pelo PNCRC entre 2006 e 2010, constam do quadro 10. Para AM, BA, ES, MA, MS, MT, PA, SC e SE, não se identificaram tendências, ou seja, não houve variações significativamente distintas entre os meses do período, no que se refere ao total de detecções de cádmio.

No estado do AC, a função de 3º grau (Gráfico 19) apontou tendência significativa ($p=0,042$; $r^2_{\text{ajustado}}=0,731$: *vide Quadro 10*). Constitui-se em modelo bastante explicativo aparentemente naquilo que é possível dada a limitação de 8 registros, dos quais 5 são de detecções para esta UF, pois justifica 73,1% das variações nas detecções mensais.

No gráfico 19 constata-se que o ajuste do modelo supõe a existência de vários pontos na curva que na realidade não existem, face à inclusão do Acre na classe de UFs com menor número de detecções entre 2006 e 2010 (Tabela 14), pois somente se repete uma única detecção mensal em vários meses. Desta maneira, a variação nas detecções motivante da diferença entre os meses foi de fato

a diminuição da ocorrência basal de uma única detecção mensal. Tal variação ocorreu entre abril e junho/2009, período em que não houve detecções de cádmio. Pode-se considerar que a ocorrência esperada seja de até 1 detecção mensal de cádmio no estado do AC, mas que não exista tendência.

Há sugestão de aumento linear, estendendo-se de outubro/2006 a março/2010, nas detecções mensais de cádmio no país como um todo, considerando-se a contribuição das diferentes unidades federativas e a correspondência do período com a sequência de meses centralizados de -20 a +20 (Gráfico 22).

O gráfico 22 também apresenta uma distribuição em formato similar à letra “N” do alfabeto para a situação do Brasil levando em conta todos os meses do período. Desta forma, apesar de ser possível observar uma tendência de aumento nas detecções de cádmio do final de 2006 ao início de 2010, deve-se reconhecer influências compatíveis com um modelo cúbico, quando se incluem os trechos de janeiro a setembro/2006 e de abril a dezembro/2010.

Tanto a distribuição linear quanto a de terceiro grau para as tendências das detecções mensais de cádmio no Brasil são válidas e alternativas entre si, uma vez que constituem modelos de tendências significativas. Assim, mesmo que o trecho ascendente (Gráfico 22) possa ser descrito pela equação de uma reta²⁶, o maior valor do coeficiente de determinação ajustado (32,9%) da função cúbica (Quadro 9) indica que esta representa o melhor modelo de tendência das detecções de cádmio para o conjunto de todos os meses entre 2006 e 2010.

A tendência na distribuição nacional das detecções de cádmio é cúbica, apesar deste não constituir o modelo típico de nenhum estado isoladamente. Tal característica representa uma composição entre as tendências lineares crescentes e parabólicas (Quadro 9).

O aspecto de letra “N” da dispersão mensal do total de detecções de cádmio nos estados de MG, RS, SP (Gráfico 22), similar à distribuição observada para o Brasil no mesmo gráfico, permite supor papel de maior contribuição de tais unidades federativas para as tendências nacionais de cádmio, o que poderia elegê-las para monitoramento dirigido o que também poderia ser o caso em RO, cujas detecções mensais de cádmio são descritas por um modelo cúbico, portanto, compartilhando a mesma forma de tendência do país.

²⁶ Detecções mensais Cd_{Brasil} = 13,55 + 0,286 * seq (r²_{ajustado} = 30,8%; F = 27,32; 1, 58 gl; p = 2,5E-06)

A diminuição temporal nas detecções, seguida por aumento e depois por nova diminuição no modelo cúbico nacional sugere que as tendências de aumento possam ser explicadas por fatores produtivos relevantes em MG e SP. Além disso, que no RS existam fatores associados com detecções máximas seguidas de detecções mínimas de cádmio e ainda que possam existir fatores de manejo e ambientais relevantes na criação de bovinos justificando, em RO, uma oscilação similar à observada no conjunto do país.

Os estados de MT e MS, que concentram o maior efetivo bovino nacional, não apresentaram tendências significativas do ponto de vista mensal, no que se refere à contagem de resultados superiores ao LQ e menores que o TMC de cádmio. Isto significa que os totais de detecções mensais nestes estados ocorrem de maneira esperada e sem variação importante na transição dos meses avaliados.

A despeito da falta de tendência em MT e MS há fatores permitindo que a exposição ao cádmio seja variável em MG, RS, RO e SP. Portanto, qualquer destas UFs seria candidata a estudos para identificação de fatores de risco na etapa de criação animal nas fazendas.

6.6 TENDÊNCIAS DAS DETECÇÕES DE CONTAMINANTES EM SÃO PAULO E NO BRASIL

A avaliação das séries históricas de 2006 a 2010, para o país inteiro e considerando as detecções dos contaminantes inorgânicos pelo PNCRC, indica que as tendências são justificadas por modelos com poder explicativo variável para os diferentes metais.

Para arsênio a proporção de variação nas detecções explicada pelo modelo de tendências vai de 8,7% no Paraná para 49,7% no Acre (Quadro 5), ainda que neste último tenha sido constatado pequeno número de observações, ligadas a 9 resultados, sendo apenas 2 detecções.

A proporção da variação explicada pelos modelos de tendência mensal das detecções de chumbo tem amplitude de 7,7% a 17,3%, respectivamente para os estados do Paraná e de Mato Grosso (Quadro 7), enquanto o modelo de cádmio

(Quadro 9) apresenta maior coeficiente de determinação para o Rio Grande do Sul ($r^2_{\text{ajustado}}=39,6\%$) e menor para Rondônia ($r^2_{\text{ajustado}}=12,8\%$).

As tendências de detecções no Brasil trazem o modelo de 3º grau como o mais explicativo das variações observadas, capaz de justificar 17% da oscilação nas detecções de chumbo (Quadro 7), 28,5% das relativas a arsênio (Quadro 5) e 32,9% das de cádmio (Quadro 9). Observa-se, no país, uma tendência geral de diminuição nas detecções de chumbo e de aumento nas de arsênio e cádmio (Gráfico 30; 31; 32).

Os maiores índices médios de detecções mensais não são observados em alguma UF em especial, mas no conjunto do país para todos os contaminantes considerados conforme valor dos coeficientes β_0 . Esta comparação é possível por se ter utilizado a variável mês centralizado representada por seqc. Desta forma, os índices de detecções mensais médias de 9,83; 3,68; 12,79, respectivamente para arsênio, chumbo e cádmio no Brasil são os maiores em relação a qualquer estado, o que já era esperado, uma vez que tratam do conjunto das unidades federativas.

Os índices médios de detecções mensais, entre 2006 e 2010, também imputam ao estado de São Paulo a 3º maior expectativa para detecções de arsênio e chumbo (Quadros 5 e 7) e ainda a 2º maior para cádmio (Quadro 9) no período.

Os maiores expoentes para detecções mensais de arsênio constam de MT e MS, com 2,79 e 2,16 detecções em média, na frente de São Paulo cujas detecções são da ordem de 1,33 ao mês (Quadro 5). Para chumbo, MT e MS novamente têm índices médios superiores aos de São Paulo (0,43), conforme seus valores de 1,03 e 0,73 respectivamente (Quadro 7), ao passo que Goiás consta da UF com maior média mensal de detecções de cádmio (1,75: Quadro 9).

O estado de São Paulo acompanha os modelos cúbicos de tendência do país, de forma paralela aos estados de MT e MS para arsênio e a Mato Grosso para chumbo (Quadros 5 e 7), embora o modelo de terceiro grau das tendências brasileiras das detecções de cádmio seja compartilhado apenas pela UF de Rondônia (Quadro 9). Tais constatações mostram que as unidades federativas citadas são representativas da distribuição nacional de contaminantes. Para São Paulo, a representatividade já havia sido sugerida pela observação simultânea dos gráficos 2, 13 e 14, no que diz respeito à distribuição similar de amostras e de detecções entre esta UF e o Brasil.

A tendência nacional de aumento de contaminação em bovinos por cádmio já foi associada com maiores níveis do metal, particularmente no ano de 2007 (ALKMIN FILHO, 2011), apesar daquele estudo não considerar exclusivamente os níveis de detecção. Ainda que das séries temporais tenham se explorado apenas as tendências, sem levar em conta as variações cíclicas, sazonais e irregulares, pode-se afirmar que a significativa mudança no total de detecções entre os meses está relacionada com fatores econômicos e sociológicos (SPIEGEL, 1970), ou seja, fatores produtivos que devem ser identificados e controlados.

As observações baseadas no gráfico 22 sobre períodos de aumento na distribuição nacional das contaminações de cádmio concordam com Alkmin Filho (2011), já que este indicou este metal como responsável pela maior porcentagem brasileira de tecidos bovinos contaminados, entretanto, sem ter sido possível confirmar o destaque dado em seu trabalho para a região sul do país. De fato, a comparação entre os modelos de tendência (Quadros 5, 7, 9), observando-se os valores dos interceptos (β_0), assinala maior índice médio nacional de detecções mensais para cádmio 12,79, em relação a arsênio (9,83) e chumbo (3,68).

Mesmo que as contaminações do referido autor também tenham englobado as violações e que seu período de análise tenha sido restrito a 2002-2008 para resultados processados apenas no LANAGRO/MG o grau de contaminação, medido como detecções de cádmio no PNCRC, indica predomínio deste metal nos dados fornecidos por todos os LANAGROS do país entre 2006 e 2010.

Quanto ao destaque da região sul observam-se (Quadro 9) os valores β_0 de 1,22 (PR – modelo linear) e de 0,36 (RS – modelo quadrático). Estes poderiam ser comparados com o $\beta_0=0,93$ do modelo linear para o RS²⁷ ou ao $\beta_0=1,11$ para um modelo linear para SC, desde que se admitisse o nível de significância de 8,5%²⁸ neste último caso. Tais valores de índice mensal médio de detecções de cádmio, no período 2006 a 2010, estão entre os maiores do país, entretanto, atrás dos referentes a SP (1,57) e GO (1,75), sendo do mesmo nível que MG (1,17).

O formato dado por Alkmin Filho (2011) para identificação de destaque regional considerou 25% de contaminações de cádmio em fígados e 50% em rins bovinos, oriundos da região sul do Brasil, ao passo que o presente estudo utilizou

²⁷ O modelo linear para tendência de detecções mensais de cádmio no RS: $0,930+0,025*\text{seqc}$ ($F=12,237$; 1, 30 gl; $p=0,001$), não consta do quadro 9 por apresentar $r^2_{\text{ajustado}}=26,6\%$, portanto, menor que os 39,6% da capacidade explicativa do modelo quadrático lá considerado

²⁸ Detecções mensais $\text{Cd}_{\text{sc}}=1,11+0,022*\text{seqc}$ ($F=3,231$; 1, 24 gl; $p=0,085$)

dados por UF de todas as matrizes de análise disponíveis entre 2006 e 2010. Assim, se houver alguma diferença entre regiões geográficas de ocorrência privilegiada para cádmio na transição dos dois estudos estas deverão estar relacionadas a alterações em condições ambientais e/ou de manejo que ocorreram entre 2009 e 2010, ou seja, posteriormente aos dados do referido autor. Entretanto, não há razão para supor que tenham ocorrido mudanças nas condições produtivas desde então.

6.7 MODELAGEM ESTATÍSTICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE RISCO

Constata-se escassez de literatura sobre a epidemiologia de contaminantes inorgânicos em animais de produção relativamente à possibilidade de intervenção regulatória durante a criação, o que é reiterado por Hayashi (2009), ao afirmar que a principal abordagem da análise de risco é toxicológica.

Alkmin Filho (2011), com abordagem da área de toxicologia, afirmou não ter encontrado tendência clara de predomínio da contaminação de cádmio em nenhuma região específica do país.

A partir da idealização da contagem de detecções como medida da presença de contaminantes em baixos níveis, ainda anteriores às violações legais, o presente estudo caracterizou tendências em MT, RS, RO, SP, como sendo as mais relevantes à tendência nacional. Desta forma, apresentou-se formato para nortear estudos dirigidos a identificação dos fatores condicionantes da contaminação de cádmio, ampliando os recursos para incluir a epidemiologia nas avaliações necessárias ao gerenciamento de risco, o que parece dar continuidade ao trabalho do referido autor.

Deve-se observar que a construção da métrica, focando nas detecções, privilegia a tomada de ações no sistema de produção antes que ocorra extrapolação aos limites legais máximos, sendo compatível com o escopo epidemiológico preventivo para evitar agravos de saúde pública relacionados ao contato do consumidor com níveis de violação e paralelamente para possibilitar o gerenciamento de níveis mais baixos como forma de evitar exposição prolongada a estes.

Adicionalmente, um sistema calcado nas detecções de metais pesados do PNCRC é adequado a um formato de resposta a eventuais crises de certificação de equivalência internacional, caso as autoridades estrangeiras estejam preocupadas com os quesitos anteriores, tanto do ponto de vista dos níveis *ALARA*, em um ímpeto de mitigar a exposição da população cada vez mais longeva aos contaminantes de notável efeito cumulativo, como para desvencilhar-se de possíveis medidas protecionistas disfarçadas nestas preocupações.

Considerando a já mencionada exiguidade de trabalhos a respeito do respaldo da epidemiologia para questões regulatórias sobre contaminantes em animais de produção as considerações finais de Alkmin Filho (2011) sobre a necessidade de análise e intervenção nos fatores determinantes de quantificações no PNCRC em níveis inferiores ao LMR/TMC serão consideradas argumento suficiente para dar continuidade ao foco dado a cádmio, citado pelo autor, e expandir a identificação de fatores de risco para detecções também a chumbo e arsênio.

Como já referido anteriormente, o estado de São Paulo juntamente com MT, RO e RS, possui tendências de detecções significativas para cádmio, para o qual tem o 2º maior índice médio. Além disso, também está vinculado a tendências para arsênio e chumbo, para os quais representa a 3º maior expectativa de detecções. Portanto, na sequência serão considerados procedimentos, da modelagem de regressão logística múltipla, destinados a identificar fatores produtivos nos municípios do estado de São Paulo que sejam condicionantes das detecções de arsênio, cádmio ou chumbo.

6.7.1 Arsênio

Para análise univariada realizaram-se testes de χ^2 entre a variável dependente *detleg* e cada uma das variáveis independentes categorizadas em tercís que estão identificadas no apêndice A.

Iniciando-se pela primeira variável do banco de dados, constatou-se que os tercís do nº de UPAs com cultura perene (variável *Nculpe*) possuem relação não significativa com *detleg* ($p=0,404$). As demais variáveis foram testadas com a

mesma abordagem, excluindo-se do processo subsequente todas em que se constatou relação insignificante ($p > 0,20$) com *detleg*.

Mantiveram-se na modelagem passo-a-passo (*stepwise*) as variáveis significativamente associadas à *detleg* ($p < 0,20$). Utilizou-se o formato *forward selection*, ou seja, incluindo sequencialmente as variáveis conforme ordem crescente dos p-valores $< 0,20$ da análise univariada, chegando-se a um modelo final (Quadro 12) cujos coeficientes foram estimados por razão de verossimilhança ($p < 0,05$).

Constatou-se que a probabilidade de detecção de arsênio varia conforme se alterna a origem dos bovinos entre municípios dos tercis baixo, intermediário ou elevado de proprietários rurais que completaram o ensino médio (Nposec) ou ginasial (Npogin). O mesmo ocorre para os tercis municipais de utilização de confinamento (Npocon), sendo que a probabilidade também varia segundo alternância da origem animal entre municípios de maiores e menores áreas totais com pastagem (Mednarpa), neste último caso se utilizando da mediana (Quadro 12).

A modelagem final (Quadro 12), ao dispor da categorização em tercis de posec, pocon, pogin e com a mediana de narpa (Mednarpa), permitiu aderência relativa ao teste de Hosmer e Lemeshow não significativo ($p = 0,689$), uma vez que p-valores $> 0,05$ recomendam a não rejeição da H_0 indicadora de ajuste do modelo (HOSMER; LEMESHOW, 2000 – p.154). Tal modelo explica 46,5% da variação observada, medida com o coeficiente r^2 de Nagelkerke, além de ter acurácia ligada à área sob a curva ROC = 0,854 (Gráfico 23).

Os 4 passos da modelagem levaram à redução da *deviance* ($-2\ln$ razão de verossimilhança) de 125,016 a 85,808 (Quadro 12 – legenda) também indicando a melhor habilidade preditiva de posec, pocon, pogin, mednarpa, no que se refere a constituir-se em avanço, de um modelo descrito apenas pela constante (modelo reduzido), rumo à previsão de todos os pontos do traçado gráfico dos dados da amostra (modelo saturado).

É possível constatar que o logaritmo natural ($\ln$) do máximo das probabilidades (função de máxima verossimilhança L), dadas pelo produtório das probabilidades calculadas para cada município, é menor que o $\ln$ do mínimo fornecido pela função de máxima verossimilhança aplicada ao β_0 (LATORRE, 2009 – p.70), como se espera de um modelo com melhor poder preditivo do que o acaso.

Uma forma adicional ao teste de Hosmer e Lemeshow para avaliar a capacidade do modelo logístico ajustar os dados consta da utilização do diagnóstico de

regressão baseado no gráfico da mudança de *deviance* versus probabilidades estimadas, o que pauta a concepção de ajuste não apenas em uma única medida resumo, mas sobre o conjunto do perfil de covariáveis. Quando a maioria dos pontos localiza-se em ordenada inferior a 4, pode-se supor que os valores sigam o percentil 95% (3,84) da distribuição χ^2 com 1 grau de liberdade (HOSMER; LEMESHOW, 2000 – p. 167, 177, 180), ou seja, valores discrepantes são maiores do que 3,84 e devem ser investigados, mas não necessariamente excluídos do modelo.

O ponto de corte de 0,5 (padrão do *software*) vincula as estimativas de detecções a probabilidades calculadas superiores a 0,5 e das não detecções a valores inferiores a este reiterando a adequação do modelo em prever contaminações de arsênio nas baixas concentrações da tabela 1, uma vez que detecções com pequena probabilidade possuem baixo ajuste pelo modelo (curva da esquerda superior para direita inferior no gráfico 24). Da mesma forma, não detecções com elevada probabilidade terão ajuste pequeno (curva da esquerda inferior para direita superior no Gráfico 24), o que habilita a classificação correta na maioria dos casos.

A curva ROC, ou curva das características de operação do receptor (*receiver operating characteristic*) consta de estratégia analítica para avaliar a acurácia da previsão de modelos contando com apelo visual para facilitar a interpretação, além de fornecer o valor da área sob a curva. Tal abordagem também é recomendada para auxiliar a definição do melhor ponto de corte de testes diagnósticos para positividade e negatividade de doenças. De qualquer forma, a partir de leituras obtidas de variáveis quantitativas (PETRIE; WATSON, 1999, p. 169).

Para o modelo de regressão logística das detecções de arsênio a utilização da curva ROC não se presta a orientar a seleção do ponto de corte mais adequado para a correta classificação de testes em contrapartida à real situação sanitária de indivíduos. Alternativamente, presta-se a indicar que os preditores fazem variar a probabilidade de se chegar a um diagnóstico de positividade para a contaminação.

A transformação de dados de medidas quantitativas²⁹ em juízos categóricos de doente ou não doente segue-se a incertezas ligadas a possibilidade de classi-

²⁹ Por exemplo, o valor de absorbância dos exames de ELISA para pesquisa de anticorpos a determinada doença infecciosa

ficação incorreta seja de doentes que tenham resultados negativos do teste de diagnóstico, consistindo nos falso-negativos, ou de não doentes que deram positivo e representam os falso-positivos (LASKO et al., 2005).

O uso da curva ROC permite considerar o modelo de regressão logística como um método de diagnóstico de contaminação para o qual a área sob a curva indica que o valor de probabilidade de contaminação em um bovino contaminado aleatoriamente selecionado seja maior do que o de um bovino aleatório não contaminado (HEINZE, 2009).

Por se reconhecer a variação antagônica de sensibilidade e especificidade nos sistemas de classificação positiva e negativa de resultados originalmente medidos quantitativamente, para dado teste diagnóstico, é possível selecionar o ponto de corte da curva ROC que maximize os resultados verdadeiros (HOSMER; LEMESHOW, 2000, p. 161), o que se consegue pela composição entre a maior sensibilidade com a maior especificidade (a menor “1-especificidade”, no caso). No gráfico 23, portanto, plotou-se a sensibilidade (valores verdadeiro-positivos: ordenada) contra o complemento da especificidade (valores falso-positivos: abscissa).

A habilidade do modelo do quadro 12 classificar corretamente como positivas as detecções, que já constam do banco de dados que lhe deu origem, está associada com alterações na sensibilidade e especificidade conforme se variam os bovinos presentes no banco, uma vez que estes são provenientes de municípios que diferem em posec, pocon, pogin e narpa. É desta forma que se relacionam a sensibilidade e a especificidade (1-especificidade, a rigor), sugerindo que a presença conjunta das variáveis posec, pocon, pogin, narpa no modelo final ofereça uma correta previsão da detecção de arsênio.

A adequação do modelo relaciona-se formalmente à área sob a curva ROC=0,854, na faixa considerada por Hosmer; Lemeshow (2000, p. 162) como de excelente discriminação do sistema binário de classificação, lembrando-se que as probabilidades calculadas por modelos logísticos variam de 0 a 1 (KLEINBAUM et al., 1998, p. 657), ou seja, correspondendo, portanto, a medidas quantitativas cuja leitura foi categorizada entre detecção e não detecção.

No período 2006 a 2010 houve 584 detecções de arsênio no Brasil (n=2163) e 90 no estado de São Paulo (n=220) pelo PNCRC. Logo, a incidência de detecções na população nacional de bovinos de corte foi de 26,99% e de 40,91% em

SP. Ainda que o coeficiente desta UF não represente a melhor estimativa possível, dado que o tamanho da amostra foi definido com base nacional, o índice do país corresponde, em si, a um nível elevado justificando-se o modelo probabilístico proposto no quadro 12 cuja acurácia da curva ROC pautou-se na maior sensibilidade ao ter-se selecionado a categoria de detecção=1.

Como este trabalho propõe o estabelecimento de um programa de vigilância epidemiológica das detecções de contaminantes inorgânicos no PNCRC pode-se afirmar que os fatores de risco foram adequadamente identificados, dada a elevada incidência constatada. Os méritos do modelo são complementados pelo coeficiente de determinação de Nagelkerke apontar que 46,5% das variações, entre 0 e 1 das probabilidades, serem devidas ao modelo da equação 1.

A utilização dos dados do PNCRC, com os recursos atualmente disponíveis aos trabalhos de Gestão Estadual do plano em São Paulo, possibilitou a realização de estudo ecológico, lançando-se mão do projeto LUPA para identificação de fatores de risco. Desta forma, não foi possível visitar propriedades rurais, pois isto significaria extensão das atribuições do PNCRC, fugindo do âmbito competente ao Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SIPOA).

Ainda que a seleção de múltiplas variáveis do sistema de criação do LUPA tenha representado a melhor opção para uma proposta inicial de sistema de vigilância epidemiológica, por ser a única disponível com as circunstâncias vigentes para os trabalhos do SIPOA, é possível que pelo menos uma das variáveis identificadas como fator de risco, na verdade, esteja espuriamente associada com as detecções de arsênio.

O fato de constatar-se suporte na literatura fortalecendo os riscos identificados minimiza deméritos ao modelo, pelo menos aqueles que seriam suplementares à possibilidade de falácia ecológica. Então, uma das justificativas para existência de preditores não identificados pelo modelo consta do uso do delineamento ecológico, que pode ter sido muito otimista, identificando fatores que talvez não constituam risco para as detecções, de fato, o que deverá ser confirmado por outros tipos de estudo, como os de coorte ou de caso-controle.

Pode-se cogitar a vigência de fatores determinantes de detecções de arsênio que não tenham sido identificados no modelo com $r^2=46,5\%$ ($1-0,465=43,5\%$ de variação não identificada pela equação 1), devido à inexistência de uma lista pré-definida de preditores a pesquisar que sabidamente fossem relacionados a

contaminações de arsênio e que paralelamente estivessem dentre os monitorados pelo projeto LUPA. Isto porque o referido r^2 foi calculado apenas a partir das variáveis que entraram no modelo.

Face à referida dificuldade recorreu-se à consulta de especialistas em contaminantes inorgânicos (Apêndice D) e em fatores produtivos das propriedades rurais do estado de São Paulo (Apêndice E), o que redundou nos fatores já considerados (Apêndice F e G). Assim, pode ter deixado de considerar vários outros dado o caráter suave da consulta que não pôde contar, portanto, com uma busca estruturada sistemática, exaustiva e envolvente de todos os potenciais fatores do contexto da produção rural.

Cabe novamente destacar a escassez de estudos publicados com objetivo de vigilância epidemiológica da contaminação por metais pesados, ou mesmo com uma abordagem similar para qualquer tipo de analito monitorado por programas nacionais de controle de resíduos químicos em produtos de origem animal na sua interface com as propriedades rurais. Desta forma, deve-se recomendar a idealização de uma lista de preditores da detecção de arsênio, com base na identificação de vínculo com a produção animal na literatura, estendendo-se posteriormente a abordagem para os demais analitos monitorados, como forma de maximizar a identificação de fatores produtivos a acompanhar paralelamente aos resultados do PNCRC, no âmbito do sistema de vigilância epidemiológica que se propõe.

A idealização de um algoritmo poderá ser feita por especialistas das áreas de produção animal e de cada grupo de analitos considerado, incluindo também a área de informática, para ser possível obter a máxima amplitude de fatores a serem investigados como risco para as detecções.

Os argumentos anteriores reiteram a recomendação de implementar-se um sistema de vigilância epidemiológica para detecções de contaminantes inorgânicos e quiçá de todos os analitos monitorados pelo PNCRC que necessitará, como demonstrado, de ferramentas de informática para vinculação às propriedades de origem (e de passagem em cada etapa da vida do animal).

Será importante averiguar a oportunidade de se incluir tal abordagem na plataforma de gestão agropecuária (PGA) lançada em abril/2012 (MAZENOTI, 2012) e na rede nacional de análise de risco químico em alimentos - RENARA (NEIVA, 2011), liderada pela EMBRAPA, tanto para delineamento de estudos observacio-

nais com vínculo direto entre animal e fator de risco da propriedade como para seleção de fatores de risco com suporte da literatura, uma vez que o presente estudo demonstra ser possível identificar fatores de risco com os dados do PNCRC, restando aprimorar o sistema para interligação com outras bases de dados propriedade-específicas, ou seja, uma integração com o SISRES adicionalmente à já prevista entre o Sistema Brasileiro de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos (SISBOV) e o Sistema de informações gerenciais do SIF (PORTAL PLANALTO, 2012).

A proposta de integração de bases de dados pode representar uma das formas de implantação de sistema centralizado para obtenção de informações sobre diversos aspectos da cadeia produtiva, com vistas ao planejamento agropecuário e coordenação de suas ações (BUIANAIN; BATALHA, 2007), atualizando o papel de moderador das políticas de defesa agropecuária do PNCRC (BRASIL, 1999) com o foco de gerenciamento de boas práticas agrícolas no bojo de um sistema de vigilância epidemiológica de fatores de risco na propriedade rural.

O vínculo direto entre resultado do SISRES e propriedade(s) rural(is) da(s) etapa(s) de criação animal possibilitará a realização de estudos observacionais com os delineamentos citados anteriormente, em que se poderá avaliar a interação ou efeito de confusão entre as variáveis. Tal verificação não pôde ser feita no presente estudo ecológico, impossibilitando-o de assertar quanto do efeito do confinamento deve-se ao fato desta prática ser a regra dos produtores que fornecem bovinos para abate em estabelecimentos sob SIF.

Apesar das limitações do delineamento ecológico foi possível identificar fatores de risco com seu uso, o que inclusive é recomendado como uma abordagem inicial (MORGENSTERN, 1995), à semelhança da presente que propõe um sistema de vigilância epidemiológica para o PNCRC.

O modelo (Quadro 12) aponta haver maior risco de contaminação por arsênio nos municípios com predomínio da menor proporção de produtores com nível médio (posec) e ginasial (pogin), naqueles com menores áreas de pastagem (narpa) e de maior utilização de confinamento de bovinos (pocon).

O nível educacional pode influenciar diretamente a probabilidade de contaminação devida às más práticas decorrentes de precária preparação técnica, conferindo plausibilidade ao efeito protetor identificado para os municípios com maior proporção de proprietários com nível secundário (posec) e ginasial (pogin), em

relação aos municípios em que as proporções de proprietários com tais graus são os menores. Os cálculos com referência no tercil inferior destas variáveis (apêndice H), isto é, nos municípios cujas UPAs possuem o menor nível de educação de proprietários rurais, permite tal conclusão caracterizando-se o efeito protetor destes níveis elevados de educação pela não inclusão da unidade nos intervalos de confiança das OR.

Antes de se estabelecer o modelo final do quadro 12 testou-se a classificação da variável área de pastagem (narpa) em tercils de valores observando-se efeito protetor, quando a menor categoria foi colocada como referência. Desta forma, constatou-se risco de detecções cerca de 4,5 vezes maior para arsênio nos municípios com as menores áreas de pastagem relativamente àqueles com as 33% mais elevadas áreas de pastoreio ($OR_{Nnarpa(1)}=4,461$)³⁰.

Como não houve efeito significativo dos municípios com áreas de pastagem de tamanho intermediário na classificação em tercils, o que impossibilitou a observação de gradiente de risco (dados não demonstrados), esta variável foi recodificada em mediana de ocorrência, com a comparação da OR com referência na maior categoria (apêndice H), mostrando que o risco de contaminação por arsênio é 5,7 maior em bovinos oriundos dos municípios com as menores áreas de pastagem (Quadro 12).

Para demonstrar que a previsão de probabilidades de detecção de arsênio (Quadro 12) em bovinos abatidos representa a melhor possível com os dados disponíveis a este estudo, deve-se destacar que o referido modelo alternativo contando com a organização dos tercils de área de pastagem (narpa) é um pouco pior, a rigor, uma vez que a área sob a curva ROC diminui de 0,854 para 0,819, apesar de ter praticamente o mesmo valor preditivo daquele que considera a mediana de tal variável. Neste caso, a melhor legibilidade do gradiente de efeito com a mediana, portanto, esteve associada com melhoria do modelo em prever os fatores de risco para contaminações de arsênio.

Por outro lado, a alteração de tercil para mediana na variável que indica níveis de educação secundária nos proprietários (posec), levaria a um modelo final formado apenas por pocon e pogin, ou seja, faria o modelo desconsiderar posec e narpa. Além disso, a área sob a curva ROC decairia de 0,854 a 0,721 formalizan-

³⁰ Calculada em modelo intermediário substituído pelo modelo do quadro 12, tendo sido aqui considerada para evidenciar a melhor demonstração do gradiente de risco com a seleção da mediana

do sua piora preditiva. Desta maneira, mesmo que se pretendesse inicialmente aprimorar a legibilidade do gradiente de risco, em virtude da categorização em tercís demonstrar efeito apenas para $N_{posec(1)}$, a busca por significância de risco mais abrangente do que neste formato de comparação do tercíl intermediário com referência no primeiro tercíl, não se justifica porque piora a capacidade preditiva do modelo, além de obscurecer fatores ativos.

A respeito da influência da utilização de confinamento, observa-se que a mudança no formato da variável pocon de tercís de ocorrência para mediana não provoca qualquer alteração em sua habilidade preditiva, já que a área sob a curva ROC permaneceria exatamente igual a 0,854 (Gráfico 26).

Isto permitiria fazer transição das $OR_{N_{pocon(1)}}=13,981$ e $OR_{N_{pocon(2)}}=11,456$ (Quadro 12), que dificultam entender o motivo da inexistência de gradiente de efeito, e a opção por $OR_{Med_{pocon(1)}}=12,409$, claramente indicadora do aumento de risco para detecções de arsênio conforme se incrementa a utilização de confinamento, ou seja, apontando que são maiores as chances de contaminações por arsênio em bovinos oriundos de municípios com predominância de confinamento nas unidades produtivas (Quadro 14).

Tais achados recomendam a realização de maiores estudos para identificar quais são os procedimentos realizados nos confinamentos dos municípios de concentração elevada e intermediária deste tipo de criação como forma de identificar o(s) motivo(s) da diferença de risco no modelo do quadro 12 que levaria à preferência pelo do quadro 14, não fosse o menor r^2 deste último e a consequente menor diminuição da *deviance*, únicas distinções destes modelos semelhantes com área sob a curva ROC=0,854 (Gráfico 33; 36). Assim, o modelo do quadro 12 permanece o proposto por este estudo apesar de não ter demonstrado aumento adicional de risco paralelo ao incremento na intensidade do confinamento de intermediário [$OR_{N_{pocon(1)}}=13,981$] para elevado [$OR_{N_{pocon(2)}}=11,456$].

A consideração da variável de educação ginasial dos produtores rurais como mediana, ao invés de tercís de ocorrência, levou a uma melhor legibilidade do efeito de risco. Nesta abordagem, a $OR_{Med_{pogin(2)}}$ foi de 0,080, da comparação do tercíl maior com o menor, para 0,180, na comparação dos 50% maiores níveis de educação ginasial com os menores destes níveis. Em comparação com o modelo do quadro 12, que considera posec, pocon, pogin em tercís e apenas narpa como mediana, o uso de Medpogin levaria às seguintes alterações: $OR_{N_{posec(1)}}$ de 0,031

a 0,043; $OR_{Mednarpa(1)}$ de 5,673 a 4,219; $OR_{Npocon(1)}$ de 13,981 a 8,382; $OR_{Npocon(2)}$ de 11,456 a 8,437.

A alteração no modelo com a simples mudança na forma de categorização da variável pogin de tercis para mediana evidenciaria que a falta de efeito da cobertura intermediária do nível de educação ginásial do $OR_{Npogin(1)}=0,311$ [0,086;1,118 – Quadro 12] relaciona-se à demonstração de risco que aparece apenas quando pelo menos 50% dos municípios apresentam os mais baixos níveis de educação ginásial [$OR_{medpogin(1)}=0,180$], além de manter as variáveis previamente identificadas (Quadro 13).

O modelo preditivo das probabilidades de detecção de arsênio que considera os tercis de posec e pocon, juntamente com as medianas de pogin e narpa poderia ser definido como o melhor por conta desta legibilidade mais compreensiva. Entretanto, do ponto de vista formal deverá ser mantido o modelo do quadro 12, pois a área sob a curva ROC=0,854 deste último ainda é superior a de 0,838 daquele que considera a mediana de pogin (Quadro 13, Gráfico 25). Mesmo que este apresente adequada aderência, ligada ao teste de Hosmer e Lemeshow com $p=0,822$, seu $r^2=43,2\%$ (Nagelkerke) ainda é inferior que o de 46,5% correspondente ao quadro 12.

De qualquer forma, tanto os valores do r^2 como da área sob a curva ROC são muito próximos, ao que ambos os modelos podem ser considerados equivalentes, sendo possível recorrer ao pior modelo do ponto de vista formal e mais legível (equação 2)³¹, em termos de auxiliar na interpretação do efeito dos fatores de risco formalmente melhor representados pelo modelo do quadro 12 (equação 1)³².

³¹ $Prob(Det.As) = \frac{1}{1 + e^{-[0,128 - 3,150 \cdot Nposec(1) - 1,269 \cdot Nposec(2) + 1,440 \cdot Mednarpa(1) + 2,126 \cdot Npocon(1) + 2,133 \cdot Npocon(2) - 1,715 \cdot Medpogin(1)]}}$

³² $Prob(Det.As) = \frac{1}{1 + e^{-[0,010 - 3,470 \cdot Nposec(1) - 1,587 \cdot Nposec(2) + 2,638 \cdot Npocon(1) + 2,438 \cdot Npocon(2) - 1,170 \cdot Npogin(1) - 2,526 \cdot Npogin(2) + 1,736 \cdot Mednarpa(1)]}}$

6.7.2 Chumbo

As pocilgas correlacionaram-se com 18,3% de aumento nas concentrações de chumbo ($r_{s(pocil)}=0,183$; $p=0,051$) de forma similar ao percentual de uso de análises de solo que apresentou $r_s=16,8\%$ ($p=0,072$), enquanto o aumento na proporção de instrução ginásial correlacionou-se negativamente com as concentrações de chumbo ($r_{s(pogin)}=-0,170$; $p=0,068$). Utilizou-se a correlação não paramétrica de Spearman, em vista da falta de normalidade nas variáveis, admitindo-se o nível de significância de 10%.

Para regressão logística as análises univariadas consistiram em testes de χ^2 entre a variável dependente *contam*³³ e os tercis de ocorrência das variáveis independentes que figuram no apêndice A. Desta forma, as avaliações univariadas começaram com a primeira variável independente do banco de dados (culpe) observando-se a inexistência de associação com *contam* ($p=0,947$), o que determinou sua retirada da modelagem posterior. Similarmente, retiraram-se todas as demais variáveis insignificativamente associadas à *contam*, mantendo-se aquelas que tiveram p -valores $<0,20$ no teste de qui-quadrado.

Com as variáveis significativas, a conclusão da modelagem passo-a-passo (*stepwise*) em formato sequencial (*forward selection*) foi de que há maior risco de contaminação por chumbo em bovinos nos municípios com predomínio das maiores ocorrências dos fatores pogin, pocil, arbre e panso, lembrando que estes representam o menor nível de educação ginásial, as maiores presenças de pocilgas e de vegetação brejo/várzea, e ainda, o maior nível de realização de análises de solo entre as fazendas/municípios, respectivamente (Quadro 15: vide legenda a respeito da codificação das variáveis).

A codificação da variável pogin assume a maior faixa de educação ginásial como categoria de referência (apêndice H). Pode-se observar (Quadro 15) que os menores níveis deste grau de instrução determinam aumento no risco de contaminações por chumbo ($OR_{Npogin(1)}=15,25$). O risco é um pouco mitigado à medida que incrementa o percentual de produtores com nível ginásial ($OR_{Npogin(2)}=14,60$).

³³ Contam indica “contaminações”, sendo estas definidas à constatação de qualquer nível quantificável seja das detecções ($detleg=1$) ou das violações ($detleg=2$), ao mesmo tempo em que *detleg* é sigla de detecção legal, observando-se quesitos da tabela 1. $Contam0=detleg1+2$; $Contam1=detleg0$

Desta forma, observa-se grande destaque preventivo para a educação dos fazendeiros e dos trabalhadores da agropecuária de uma forma geral.

O fator de produção mais significativamente associado à contaminação por chumbo em bovinos no estado de São Paulo, em termos de efeito medido como odds ratio, consta de pocilgas na propriedade rural, tendo sido contabilizado como total de propriedades que possuem pocilga (OR_{Npocil} ; $p=0,012$).

Há aumento de 32 vezes nas chances de contaminação na comparação entre municípios de baixa e intermediária cobertura de pocilgas. Observa-se um gradiente de efeito pois ocorre aumento de 40 vezes no risco, quando se comparam municípios de baixa e de elevada presença de pocilgas, ou seja, quanto maior o total de propriedades com pocilgas também será maior a probabilidade de contaminação por chumbo.

Além da criação de suínos, os seguintes quesitos são fatores de produção importantes para ocorrência de contaminação por chumbo em bovinos, considerados em ordem decrescente da significância do efeito de risco: percentual da presença de vegetação tipo brejo e várzea (OR_{Narbre} , $p=0,021$); de análise de solo (OR_{Npanso} , $p=0,043$) e o já mencionado nível ginásial de educação dos produtores rurais (OR_{Npogin} , $p=0,065$).

De municípios de baixo nº de UPAs dispondo da vegetação de brejo e várzea (variável $Narbre$ – Quadro 15) para os de nível intermediário, as chances de contaminação por chumbo incrementam 6,6 vezes [$OR_{Narbre(1)}=6,6$], não havendo efeito observável para a comparação entre os municípios de elevadas e baixas coberturas de arbore, uma vez que a $OR_{Narbre(2)}$ não foi significativa no nível de 5% ($p=0,868$).

A vegetação de brejo e várzea (arbore) ajusta o risco de contaminação, definido pelas elevadas proporções de suinocultura, sendo tal efeito observável apenas quando arbore é considerada em tercís. Observa-se que a tentativa de aumentar a legibilidade do efeito deste tipo de vegetação, a partir de exclusivos níveis baixos e altos, reduziu a área sob a curva ROC de 0,878 para 0,845 (Gráfico 37; 39), tendo determinado a exclusão de arbore do modelo, além de inverter o gradiente de efeito de pogin e mesmo da própria suinocultura, uma vez que os gradientes ligados à $OR_{pogin(1)} > OR_{pogin(2)}$ e $OR_{pocil(1)} < OR_{pocil(2)}$, no quadro 15, passaram a aparecer como $OR_{pogin(1)} < OR_{pogin(2)}$ e $OR_{pocil(1)} > OR_{pocil(2)}$, no quadro 16.

A aludida mediana de arbore, ou seja, quando são considerados apenas níveis escassos ou elevados de vegetação brejo/várzea, apesar de manter o risco de contaminação representado pelos baixos níveis de educação ginásial, prevê que este fique maior nos municípios com proporção intermediária do que naqueles com os menores percentuais deste nível educacional. Como falta plausibilidade para tal tipo de efeito é possível cogitar a existência de fatores de confusão devidos ao agrupamento de indivíduos (MORGENSTERN, 1982) que poderão ser investigados apenas no âmbito de estudos com dados individuais e não em agregados como o presente. No presente caso, deve-se preferir o modelo final do quadro 15 utilizando-se do ajuste da vegetação conforme seus tercis de ocorrência entre os municípios comparados.

O modelo probabilístico das contaminações de chumbo, portanto, consta do quadro 15 e da equação 3, tendo-se utilizado o quadro 16 e equação 4 para direcionar a compreensão do melhor ajuste dos primeiros.

Considerando-se que se dispôs de 116 dados para avaliação do efeito individual de Narbre em *contam* pelo método dos resíduos padronizados ajustados, ao passo que na regressão logística múltipla contou-se com 114 registros³⁴, observa-se que as 2 informações faltantes para esta última não impediram que o modelo confirmasse o efeito univariado de risco dos níveis intermediários de vegetação brejo/várzea (Tabela 15), no contexto múltiplo (Quadro 15).

De fato, o excesso significativo de risco, pautado no resíduo padronizado ajustado de 2,6 entre *contam* e o tercil 2 de arbore, converteu-se em uma OR=6,61 para as chances de contaminação por chumbo, em conjunto com as variáveis educacionais (*pogin*), de criação de suínos (*pocil*) e de análise de solo (*panso*).

Nos dados utilizados os casos de contaminação por chumbo (*contam*=1) numa tabela de contingência, com a distribuição de Narbre nas categorias 1, 2, 3 de tercis, contou apenas com 3, 11 e 5 ocorrências, respectivamente (Tabela 15). Assim será possível vislumbrar melhor esclarecimento no efeito da categoria de maiores valores de arbore a partir de maior extensão de dados. Estudos similares justificam-se inclusive como forma de definir a existência de um gradiente de risco, que ora não foi registrado.

³⁴ Constataram-se 2 dados faltantes para a variável *pocil*. Desta forma, mesmo que as demais variáveis tenham entrado com 116 registros o modelo de regressão logística foi construído a partir de 114 para o conjunto de preditores

A falta de gradiente observável possivelmente se deve à escassez de resultados de municípios cujas UPAs, ao mesmo tempo, apresentassem contaminação por chumbo e se enquadrassem no tercil de maiores valores de arbore. Por outro lado o excesso de registros de chumbo para municípios dotados de vegetação tipo brejo e várzea³⁵, numa faixa de 32 a 185,98 UPAs, demonstra que as práticas produtivas relacionadas com tal nível intermediário de vegetação realmente acen- tuam o risco de contaminação, a despeito de não se ter observado agravamento no risco com aumento adicional de brejo/várzea, isto é, na faixa de 186 a 3776 propriedades (Quadro 15), em vista da escassez assinalada.

De maneira similar à observada para vegetação tipo brejo/várzea (arbore) o efeito significativo do resíduo padronizado ajustado=2,4 [categoria 2 (Tabela 16)] para a faixa de 26 a 46,2 % (correspondente ao tercil 2 de panso: Quadro 15) das UPAs que realizam análise de solo também se manteve no contexto múltiplo, ex- pressando-se como um risco 7,86 maior de ocorrerem contaminações de chumbo em bovinos oriundos de municípios com tal aptidão de nível intermediário para realização de análises de solo. Tal constatação vem conjecturar a existência de fatores subjacentes à referida prática sugerindo que esta decorra de outras que fazem aumentar a exposição dos animais ao chumbo.

O modelo composto por Npogin, Npocil, Narbre e Npanso (Quadro 15) pos- sui aderência vinculada ao valor de $p=0,601$ no teste de Hosmer e Lemeshow, ou seja, é formalmente adequado por não possuir diferença significativa entre as classificações observadas e previstas.

O mérito do modelo é reiterado pela acurácia relativa à área sob a curva ROC=0,878 (Gráfico 27) indicando discriminação excelente (HOSMER; LE- MESHOW, 2000) entre contaminações e não contaminações previstas e também por justificar 44,8% da variação destas últimas, como apontado pelo coeficiente de determinação de Nagelkerke. Isto confirma a opção por rejeitar o modelo do quadro 16 em favor do quadro 15, já que aquele possuía o $r^2=34,8\%$ (Nagelker- ke), além da já referida área sob a curva ROC=0,845 (Gráfico 29).

Nos 4 passos da modelagem a estatística da razão de verossimilhança (*de- viance*) reduziu-se de 99,445 a 64,980 (Quadro 15 – legenda) apontando que o modelo prevê, melhor que o acaso, as probabilidades de contaminações de

³⁵ Nível intermediário de arbore, correspondente ao tercil 2 da tabela 15 (vide legenda do Quadro 15)

chumbo em bovinos. Isto se deve à mesma interpretação da diminuição do $-2\ln(L)$ considerada para o modelo de arsênio, ou seja, o modelo final de chumbo (equação 3) também apresenta o $\ln$ das probabilidades máximas, calculadas para cada município, menor que o $\ln$ das probabilidades correspondentes ao modelo que tem β_0 como único preditor (LATORRE, 2009).

Na análise de resíduos da regressão logística não se avalia a diferença entre valor observado e previsto na forma convencionalmente utilizada para a regressão linear $(Y - \hat{Y})$. A probabilidade estimada para cada ponto, diga-se, o efeito probabilístico para contaminação por chumbo do conjunto das variáveis independentes, que estão dispostas na mesma linha de cada um dos 116 indivíduos do banco de dados, depende do perfil destes covariatos, isto é, da combinação de categorias de cada uma das variáveis. Assim, para avaliar o ajuste do modelo, além de se comparar a proporção de classificações observadas e previstas em cada categoria de resultados (positivos e negativos) conforme os decis de probabilidades no teste de Hosmer e Lemeshow, recorre-se a observação da variação na diferença da *deviance* segundo as probabilidades previstas para avaliar se o modelo descreve razoavelmente a distribuição dos dados, o que leva em conta a estimativa de probabilidade para cada perfil de covariato (HOSMER; LEMESHOW, 2000, p. 145).

A variação conjunta da mudança de *deviance* conforme probabilidades previstas para contaminações ausentes e presentes, com base em educação ginásial (pogin), suinocultura (pocil), vegetação de brejo/várzea (arbre) e análise de solo (panso), sugere haver maior proporção de estimativas de não contaminação para indivíduos que de fato a apresentaram (curva do canto superior esquerdo ao inferior direito) no modelo de chumbo (Gráfico 28) do que no correspondente de arsênio (Gráfico 24).

Como ambos os modelos possuem aderência nos respectivos testes de Hosmer e Lemeshow a impressão desta dissemelhança, aparentemente mais devida à descontinuidade nos pontos relativos às probabilidades previstas $>0,05$ no gráfico 28 comparado com o 34 do que à diferença efetiva no acúmulo de pontos no quadrante superior esquerdo, orienta que se priorize o destaque dado pela falta de pontos no quadrante superior direito do gráfico 28. Isto significa que há escassez de não contaminações diagnosticadas como contaminações no modelo

de chumbo, implicando potencialmente em maior especificidade para tal modelo, relativamente ao de arsênio.

O fato deste estudo buscar a identificação de possíveis fatores de risco determinantes da contaminação por chumbo em bovinos tornaria irrelevante modelar resultados de “não contaminação”, uma vez que se buscam os elementos desencadeantes das contaminações como forma de identificar estratégias para preveni-las. Entretanto, esta elevada especificidade, vinculada à escassez de pontos no quadrante superior direito do gráfico 28 (HOSMER; LEMESHOW, 2000, p. 178-179) pode sugerir que a combinação das categorias de menor risco das variáveis concorra para um baixo nível de contaminações.

Por outro lado, a combinação de categorias das variáveis, para definição de probabilidades que sejam maiores do que 0,5 para cada município, parece ser ligada a algumas destas prioritariamente. Os três maiores valores de mudança na *deviance*, discrepantes por serem superiores ao 3,84 correspondente ao percentil 95 da distribuição χ^2 com 1 gl (HOSMER; LEMESHOW, 2000, p. 180), estão associados com as menores probabilidades previstas (Gráfico 28 e Figura 1). Tais valores influentes relacionam-se aos casos em que houve contaminação, cuja previsão do modelo foi errada, ou seja, o modelo previu que seu conjunto de variáveis levaria a “não contaminação”. Entretanto, mesmo sem prosseguir com demais análises formais sobre o possível efeito da retirada dos casos 105, 107, 109, optou-se por mantê-los, permanecendo o modelo proposto na equação 3 para as contaminações de chumbo. Tal decisão deve-se à utilização dos critérios para entrada de variáveis no processo de modelagem conforme descrição do item material e métodos e que são válidos inclusive para estes 3 casos, mesmo porque não há consenso sobre o benefício da retirada arbitrária de variáveis desde que estas possam ser razoáveis (HOSMER; LEMESHOW, 2000, p. 182), como é o caso, ao que as eventuais críticas ao modelo deverão ser cogitadas apenas no âmbito do delineamento ecológico do estudo.

Considerando que o nível ginasial dos produtores rurais apresente risco para os menores graus de instrução os 33,33% maiores valores para pogin representam a categoria 3 desta variável. Assim, quanto maior for a categoria de pogin (de 1 a 3) menor será o risco de contaminação. Para as demais variáveis do modelo de chumbo a categoria de referência foi a menor da classificação em tercis de ocorrência. Desta forma, para as variáveis área com vegetação de brejo/várzea

(arbre), número de pocilgas (pocil) e número de propriedades que realizam análise de solo (panso), o risco será tanto maior quanto menor for a categoria deste covariatos.

Tendo em mente esses argumentos, a partir das OR presentes no quadro 15, é possível observar (Figura 1) que a maior categoria de pugin (3) e a menor categoria de arbre (1) estão relacionadas com a menor adesão do modelo pelo caso 105. De forma semelhante, as menores categorias de arbre (1) e de panso (1) podem justificar a baixa probabilidade de contaminação prevista para o caso 107, o que ocorre no caso 109 para a variável pocil em sua menor categoria de valores (1).

Os casos 105, 107 e 109 são os 3 extremos do quadrante esquerdo superior no gráfico 28. A impressão de que seus perfis de categorias de variáveis sejam os relacionados aos diagnósticos falso-negativos do modelo é respaldada pela constatação de que a partir do caso 110 não se observa mais uma preferência pela maior categoria de pugin e/ou as menores categorias das demais variáveis, da forma verificada para aqueles primeiros 3 casos.

Na sequência da curva decrescente a partir do ponto 110 pode ser percebido que pugin alterna-se entre as categorias 2 e 1, ou seja, nas menores categorias, o que equivale a maior risco, e as demais variáveis entre 3 e 2, contando neste caso com as maiores categorias e portanto de maior risco, como comentado anteriormente.

O “comportamento de risco” é ter os maiores níveis³⁶ de arbre, panso e pocil e os menores de pugin, sendo que os casos 105, 107, 109 possuíam perfil de variáveis compatível com “não contaminação” e mesmo assim as tiveram, o que assinala a necessidade de realizar maiores estudos para identificação de outras variáveis que não foram consideradas neste trabalho e que possam justificar seus resultados falso-negativos. Deve-se observar que esta ressalva por mais fatores a identificar não desmerece o modelo, que além de ter aderência conforme teste de Hosmer e Lemeshow, propôs-se a iniciar um sistema de vigilância epidemiológica, contexto em que é coerente a necessidade de continuar com os estudos, preferencialmente lançando-se mão de dados vinculados especificamente à propriedade de origem.

³⁶ A rigor, o maior risco é observado no nível intermediário de arbre e de panso, uma vez que seus maiores níveis de expressão não possuem significância, dada a inclusão da unidade no IC 95% da OR (vide Quadro 15)

6.7.3 Cádmio

As análises univariadas consideraram a variável dependente *contam* e os tercís de ocorrência das variáveis independentes, conforme sequência crescente de p-valores < 0,20. Esta organização permitiu definir o passo-a-passo da introdução de preditores na modelagem de regressão logística múltipla em formato de *forward selection*, tendo-se excluído todas as variáveis³⁷ que não obtiveram a significância mínima definida por tais valores de p.

No modelo final (Quadro 17) permaneceram as variáveis *ninst*, *nuarv*, *ranso* e *nautp*, considerando as medianas de ocorrência de seus valores, pois alcançaram o critério de p-valor < 0,05 no contexto múltiplo.

A estimativa de probabilidades de contaminação de bovinos por cádmio do quadro 17, a partir dos preditores conforme medianas, possui aderência vinculada ao valor de $p=0,876$ no teste de Hosmer e Lemeshow e acurácia relativa à área sob a curva ROC = 0,925 (Gráfico 30). O modelo do quadro 17 foi preferido dentre os demais do gráfico 32, mesmo que todos tenham aderência segundo p-valores > 0,05 nos testes de Hosmer e Lemeshow.

A relação entre a contaminação por cádmio em bovinos abatidos e as variáveis independentes categorizadas em mediana, ou seja, considerando a ausência de instrução de produtores rurais (*ninst*), o tamanho da área com vegetação natural (*nuarv*), o total de propriedades que realizam análises de solo em cada município (*ranso*) e o total de equipamentos de irrigação autopropelida, consta da melhor previsão ecológica das referidas contaminações no estado de São Paulo (MORETTI et al., 2012b).

A qualidade da previsão se mantém, mesmo que no gráfico 32 tenha sido possível constatar melhor desempenho de um outro modelo, que da mesma forma daquele do quadro 17 teve todas variáveis categorizadas em mediana, com exceção de *nuarv*, uma vez que no modelo 3 do citado gráfico esta foi considerada nos tercís de ocorrência dos valores da área com vegetação natural (hectares). De fato, a área sob a curva ROC do modelo 3 do gráfico 32 foi de 0,953, ou seja,

³⁷ As variáveis estão previstas no apêndice A

superior àquela de 0,925 do modelo do quadro 17 que é representado por preditores exclusivamente categorizados em medianas (Gráfico 32 – modelo 6).

Embora a categorização em tercís para área de vegetação natural (nuarv) tenha melhorado o desempenho preditivo do modelo e ainda possibilitado identificar um gradiente de risco ligado ao incremento nas chances de contaminação por cádmio entre os municípios de nível intermediário (OR=60,807) e os de elevado nível de áreas de vegetação natural (OR=1082,304), observou-se diminuição na precisão dos estimadores ao migrar-se do modelo com a mediana de nuarv (área=0,925), para aquele que considera os tercís desta variável (área=0,953).

O decréscimo na precisão manifesta-se na grande amplitude do intervalo de confiança da OR (Quadro 18), maior que o figurante no quadro 17. Desta forma, ainda que seja possível definir o modelo do quadro 18 como o melhor do ponto de vista formal, com base na maior área sob a curva ROC, selecionou-se o modelo do quadro 17 como finalmente proposto por este estudo, dada sua maior precisão.

A credibilidade em prever contaminações de cádmio pelo modelo da equação 5 (abstraído do Quadro 17) pode ser avaliada a partir do coeficiente de determinação de Nagelkerke. Este r^2 afirma que 66,5% das variações, entre 0 e 1 das probabilidades de contaminação por cádmio, são devidas ao modelo.

Este último também é confiável por não ser viciado como demonstra o teste de aderência de Hosmer e Lemeshow não significativo, ou seja, ao indicar que não há diferença entre as classificações de contaminação/não contaminação observadas e as estimadas pelo modelo do quadro 17.

Tal adequação é reiterada pelo gráfico 31 ao apontar que a mudança da *deviance* apresenta resíduos $\chi^2 < 3,84$, ou seja, não há valores discrepantes para tal mudança que segue uma distribuição χ^2 com 1 grau de liberdade, com exceção do caso 65. Este corresponde ao registro 22574/2009, oriundo do município de Sabino, tendo apresentado [Cd]=133 ppb, indicando contaminação observada presente e o seguinte perfil de preditores para a estimativa da probabilidade de contaminação cuja categoria dos valores pode ser vista no quadro 17: nuarv=1769,4 hectares (1º quintil: não risco); nautp=4 equipamentos (2º quintil: não risco); ranso=72 propriedades (1º quintil: não risco); ninst=27 propriedades (1º quintil: risco).

A probabilidade estimada para o caso 65 foi de ausência de contaminação, ou seja, aponta discrepância com o que lhe fora estimado dada a pequena probabilidade imputada de 0,025: estimativa de ausência. O perfil de covariatos apresenta as categorias de menor risco para nuarv, nautp, ranso, respectivamente para seus 1º, 2º e 1º quintis e de maior risco apenas para ninst (1º quintil), com base no modelo do quadro 17, o que possibilitou um cálculo indicativo de baixa probabilidade de contaminação, apesar desta de fato ter ocorrido. Considerando ser esta situação não usual ao modelo, que foi gerado para atribuir maior risco aos opostos das categorias citadas (com exceção de ninst cujo maior risco ainda se dá no 1º quintil) e levando em conta a observação dos mesmos critérios para inclusão de todos os casos, optou-se por manter o caso 65 apesar de sua classificação incorreta, uma vez que este único caso não abala a credibilidade do modelo.

No âmbito do delineamento ecológico o quadro 17 é suficiente para indicar os fatores produtivos vinculados à contaminação por cádmio do ponto de vista do subgrupo avaliado da população paulista de bovinos, sendo este formado pelos animais cujos resultados do PNCRC foram de detecção ou de não detecção, exclusivamente. Além disso, tal quadro sugere a possibilidade de comportamento similar para a bovinocultura de corte no estado de São Paulo de uma forma geral, ainda que impossibilite³⁸ a extensão dos resultados diretamente para o total da população de animais no estado.

No modelo de cádmio apesar do critério de inclusão das variáveis ter se preocupado em verificar a associação ($p < 0,20$) entre *contam* e os tercis das preditoras, além da precisão das estimativas, observou-se melhor legibilidade do efeito de risco para a mediana das variáveis, na medida em que se compararam os municípios de maiores com os de menores níveis dos fatores no modelo do quadro 17.

Para Medninst e Mednautp, ao contrário de Mednuarv e Medranso, a OR considerou a metade superior das ocorrências como referência basal de efeito.

Detectou-se efeito significativo para contaminação por cádmio no município, ligado aos valores superiores ao da mediana para Nnuarv (área total com vegetal

³⁸ O critério de inclusão dos dados no estudo, pautado em resultados exclusivos de detecção ou não detecção de cádmio levou à excluir vários bovinos selecionados aleatoriamente pelo SISRES. Desta forma, a rigor, os resultados não representam inteiramente a população de bovinos do estado de São Paulo

natural) e Nranso (nº de UPAs que realizam análise de solo) e aos inferiores à mediana para Nninst (nº de UPAs cujo proprietário não possui instrução completa) e Nnautp (total de equipamentos de irrigação autopropelida).

O total de equipamentos de irrigação autopropelida representa o fator mais significativamente associado às contaminações³⁹ por cádmio em bovinos abatidos. Observou-se aumento na probabilidade de contaminação ao compararem-se os municípios de menor com os de maior número total dos referidos equipamentos o que implica em suas respectivas práticas produtivas, no que se refere à irrigação.

Ainda que o aumento de 165,62 vezes no risco conforme previsão do quadro 17 cogite a interferência do restrito número de casos na imprecisão da medida de risco, já que apenas 56 registros atenderam os critérios de inclusão no estudo, o modelo respalda a suposição de que a utilização dos sistemas de irrigação com menor nível mecanização pelas propriedades favoreça a contaminação das pastagens por cádmio e por conseguinte dos bovinos, ou que a menor disponibilidade dos equipamentos de irrigação autopropelida de alguma outra forma intensifique a contaminação por cádmio na água ou na alimentação animal.

O efeito da irrigação autopropelida, que na verdade ressalta o papel de risco das outras formas possíveis de irrigação e suas repercussões nas práticas relacionadas às análises do solo, é ajustado pela falta de instrução dos proprietários rurais, já que ocorre aumento de 53,66 nas chances de contaminação por cádmio ao compararem-se as localidades de elevados com as de baixos graus de falta de instrução formal completa (variável ninst). Isto equivale a dizer que ocorre maior risco quanto maior é a instrução completa ou menor a falta de instrução incompleta. Assim, constata-se que o aumento na instrução completa, mesmo que em nível básico e inferior ao curso ginásial, está relacionado com práticas favoráveis à contaminação por cádmio. Tal efeito, aparentemente contraditório que relaciona alguma educação formal, em oposição a nenhuma, com práticas produtivas que incrementam o risco de incorporação de cádmio à água, pastagem e/ou alimentação animal sugere a existência de medidas de manejo pró-contaminação distintamente aplicadas por proprietários minimamente educados, relativamente aos absolutamente não educados.

³⁹ Consta do menor p-valor ($4,74 \times 10^{-4}$) da associação com *contam*, expresso como $p=0,000$, ou seja, “zero” na terceira casa decimal (Quadro 17)

Mesmo que seja tentador conjecturar a adesão a receitas de melhora de desempenho por tais produtores, não foram avaliadas variáveis que possibilitem assim afirmar. Recomenda-se, portanto, a realização de estudos que especificamente possam avaliar as razões da educação neste nível primário estar favorecendo o comportamento de risco, ao invés de evitá-lo. Neste aspecto, desde já deve ser aventada a possibilidade de fatores de confusão terem se incorporado aos dados e alterado o sentido da relação de risco, tornando-o paradoxal como comentado anteriormente.

Além dos demais fatores de ajuste para irrigação autopropelida também deve ser levado em conta o aumento de cerca de 37 vezes no risco das contaminações por cádmio nos bovinos ao passar-se dos municípios das menores para aqueles das maiores áreas com vegetação natural ($OR_{nuarv(1)}=37,076$ – Quadro 17).

É recomendável realizar novos estudos ecológicos que disponham de maior número de registros para confirmar o aspecto de risco representado pela área de vegetação natural (*nuarv*), sobretudo o gradiente de risco dos tercís desta variável, dada a imprecisão deflagrada pelo restrito número dos 56 casos da presente avaliação, ou mesmo outros tipos de estudo que vinculem dados individuais de exposição e o(s) fator(es) de risco relativo(s) à vegetação natural.

Enfatiza-se a necessidade de se identificarem fatores ativos nas fazendas e que tenham relação com o aumento de risco correspondente ao incremento da área com vegetação natural para possibilitar a adoção de medidas preventivas no nível individual das propriedades e dos animais em si. Como a vegetação natural refere-se às árvores nativas⁴⁰ o aumento de risco ligado à expansão das áreas deste tipo de cobertura pode na verdade indicar que o risco esteja ligado aos fatores comuns às grandes propriedades e não propriamente à vegetação, ou seja, a vegetação natural atuaria como uma aproximação (*proxy*), referente ao tamanho de propriedade, mesmo porque não há motivos para supor que árvores nativas tenham relação com alimentação ou dessedentação de bovinos.

Os municípios do estado de São Paulo que possuem maior risco de contaminação por cádmio são aqueles com as maiores áreas de vegetação natural e de maior número de propriedades que realizam análise de solo, assim como os

⁴⁰ Vide apêndice G, resposta ao item 1

que detém os menores quantitativos de proprietários sem instrução completa⁴¹ e com os mais baixos níveis de utilização do sistema autopropelido de irrigação.

6.8 PLAUSIBILIDADE DOS FATORES DE RISCO

A utilização de estudos ecológicos é recomendada como abordagem inicial para sugestão de fatores de risco a serem pesquisados em outros delineamentos que tenham vínculo individual de exposição-doença, preferencialmente a estas pesquisas serem motivadas por palpites arbitrários, aplicáveis a localidades convenientes aos pesquisadores ou por sugestões baseadas em fatores políticos (GREENBERG et al., 1984), tendo sido empregada no presente trabalho como forma de aplicação de dados sistematicamente gerados com objetivos distintos aos dos estudos epidemiológicos.

Como existe uma rotina implantada para obtenção de dados as limitações nas inferências deverão ser resolvidas com o aprimoramento no formato de vinculação entre a propriedade de origem de cada animal amostrado pelo PNCRC, o que possibilitará obter informações sobre os fatores de risco com base na propriedade rural.

Tal conduta possibilitará bloquear a possibilidade de identificação de associações espúrias, não realmente causais, ligadas à chamada falácia ecológica. Assim, não é possível admitir que as relações observadas em nível agregado para resultado ou preditor sejam as mesmas para as variáveis homônimas em nível individual (JARGOWSKY, 2005). Entretanto, deve-se reconhecer a validade dos estudos ecológicos identificarem associações, que não seriam perceptíveis em nível individual, para guiar hipóteses para estudos individuais sobre fatores a controlar especificamente em cada fazenda.

Além disso, os estudos ecológicos são particularmente indicados para avaliação dos impactos de intervenções populacionais (MORGENSTERN, 1995), o que tornará possível uma reavaliação da distribuição de detecções de metais pesados após a implantação de um sistema de vigilância epidemiológica calcado no

⁴¹ A melhor legibilidade do efeito de *ninst* pode ser enunciada alternativamente como “o maior quantitativo de proprietários com instrução completa aumenta o risco de contaminação por cádmio”

monitoramento de fatores produtivos definidos para cada contaminante, paralelo à geração de resultados do PNCRC, ainda que tal sistema seja proposto para gerar dados com vínculo individual entre propriedade de origem e resultado.

6.8.1 Variáveis Identificadas nos Modelos

Os fatores de risco identificados nos modelos de probabilidade de contaminação por arsênio, chumbo ou cádmio referem-se a áreas sob a curva ROC, no mínimo igual a 0,8. Este desempenho é considerado como excelente capacidade do modelo construído discriminar entre fatores de risco que, em conjunto, determinam contaminação ou não (HOSMER; LEMESHOW, 2000, p. 162).

Isto credencia as variáveis identificadas para geração de hipóteses a serem testadas no contexto individual das fazendas, uma vez que será neste que deverão ser aplicadas medidas preventivas. É importante dizer isso, porque o agrupamento típico de estudos ecológicos, ao organizar grupos geograficamente definidos como unidades de análise como no presente caso, permite apenas observar as relações entre os grupos considerados, mesmo que o fenômeno completo deva sua covariação, entre aumento na probabilidade de contaminação e fatores de risco respectivos, também a componentes dentro dos grupos (MORGENSTERN, 1982).

Não se pretende definir conclusivamente que os fatores de risco identificados no contexto ecológico também sejam fatores de risco no ponto de vista das propriedades individuais. Pretende-se, contudo, utilizar as variáveis identificadas por modelos convincentes como pistas para selecionar variáveis que individualmente aumentem o risco de contaminação, como forma de possibilitar sua prevenção e futuramente avaliar o impacto de tal prevenção individual na redução ecológica de risco, já que as variáveis de mesmo nome não são necessariamente as mesmas nestes dois contextos. Para evitar-se a possibilidade de obter pistas equivocadas das variáveis de risco optou-se por considerar a plausibilidade biológica das variáveis selecionadas (GREENBERG et al., 1984).

As variáveis consideradas nos modelos finais de regressão logística múltipla referem-se a níveis educacionais para todos os metais pesados, além de apre-

sentar quesitos produtivos particulares, ligados a área de pastagem e confinamento no caso da contaminação por arsênio.

Para contaminação por chumbo em bovinos os fatores de risco identificados, além dos quesitos educacionais dos produtores, referem-se a suinocultura, área com vegetação de brejo e várzea e a utilização de análises de solo. Esta última também aparece como fator de risco para contaminações de bovinos por cádmio, juntamente à área com vegetação natural e a utilização preventiva de equipamentos de irrigação autopropelida.

Na sequência, abordam-se os detalhes das variáveis identificadas nos modelos para cada um dos metais avaliados conforme suas características de plausibilidade em justificar as contaminações correspondentes.

6.8.1.1 Modelo para Arsênio: Posec (instrução 2^o); Pocon (confinamento); Pogin (instrução ginásial); Narpa (área pastagem)

As constatações sobre risco foram feitas levando-se em conta o efeito da instrução dos proprietários rurais das unidades de produção dos municípios de São Paulo, tanto em nível ginásial (pogin) como secundário (posec), conjuntamente com o grau de confinamento (pocon) e da área de pastagem disponível (narpa), todos medidos em categorias, a partir da ordem crescente da apresentação dos quesitos nos municípios.

6.8.1.1.1 *Área de Pastagem (Narpa)*

O modelo de regressão logística múltipla para arsênio mostra que a diminuição na área de pastagem incrementa o risco de contaminação, sugerindo que este último seja devido à alimentação não relacionada a pasto. Existe possibilidade de relação com a criação intensiva, ao opor uma grande área de pastagem, considerando-se que o tipo de manejo, inclusive a dieta, possa favorecer a exposição a fontes deste contaminante.

Franco et al. (2006) ao apresentarem modelos preditivos de contaminação do solo por metais pesados a partir da vegetação, apesar de não tratarem especificamente de arsênio, permitem supor a existência de relação entre concentrações de arsênio no solo e na vegetação.

Kan e Meijer (2007) indicam haver uma baixa transferência de arsênio da dieta para os tecidos animais (mamíferos e aves) em vista da metabolização de arsênio inorgânico ocorrer por sua metilação, de maneira a possibilitar rápida excreção, concorrendo para baixa deposição tecidual. Por tal motivo, estes autores concluem ser desnecessária grande preocupação com arsênio na alimentação animal.

Nas condições do estado de São Paulo, em vista do fator de risco para menor área de pastagem, a conclusão anterior poderia sugerir que há maior concentração de arsênio na dieta animal utilizada rotineiramente ou que outros fatores de manejo, independentes da dieta, estejam determinando a contaminação dos animais. Se ativos, tais fatores também devem estar vinculados às menores áreas de pastagem.

Na hipótese de arsênio na dieta animal deve ser considerada a possível utilização de farinha de penas como suplemento, uma vez que este tipo de farinha pode ser empregado na dieta de aves, suínos, bovinos e peixes. Neste aspecto, o uso de farinha de penas como fonte de arsênio oriunda da dieta, determina o acúmulo de espécies inorgânicas em tecidos queratinizados, pois *Clostridium* spp., presente na microbiota intestinal das aves, realiza a conversão das formas orgânicas de arsênio, presentes nos coccidiostáticos, em inorgânicas (NACHMAN et al., 2012).

Já se evidenciou amplitude de 93 a 4100 ppb nas concentrações de arsênio inorgânico em avaliação aleatória das farinhas de pena destinadas à alimentação animal/fertilizante, obtidas de 6 fabricantes dos EUA e 2 da China. Tal levantamento levou em conta a recomendação do FDA de que os níveis na alimentação animal devam ficar na faixa de 12,5 a 50 ppm, entretanto, asseverou a inexistência de padrões oficiais para arsênio na dieta dos animais de produção, o que paralela a ausência de registros sobre análises fiscais a respeito dos níveis deste contaminante em farinha de penas destinadas à ração animal. De qualquer forma, a farinha de penas destaca-se como fonte de arsênio pelo nível mediano de 150

ppb e pelas concentrações mais elevadas em produtos oriundos da China (NACHMAN et al., 2012).

No Brasil o uso de arsenicais como aditivos na alimentação animal é proibido pela Portaria nº 31 (BRASIL, 2002). De forma semelhante, entretanto, com foco na prevenção da encefalopatia espongiforme bovina (BSE), a Instrução Normativa nº 08 (BRASIL, 2004) proíbe a utilização de produtos contendo proteínas/gorduras de origem animal na alimentação de ruminantes, o que tampouco autoriza a utilização de farinha de penas. Para manter a hipótese de farinha de penas como fonte de arsênio resta considerar seu uso ilícito na alimentação dos bovinos, o emprego de outras fontes de arsênio na dieta destes animais ou ainda a exposição paralela à dietética. Estas suposições são reforçadas pela constatação de que, no Brasil, os únicos produtos veterinários aprovados que contenham arsênio⁴², ou seja, insumos terapêuticos não dietéticos, não são os coccidiostáticos, sendo estes últimos as principais fontes de arsênio consideradas por Nachman et al. (2012) em vista da aprovação de uso da roxarsona nos EUA.

Teixeira et al. (2005) relatam que a atualização da legislação brasileira sobre limites de minerais de uso na alimentação animal possibilitou a inclusão de fosfato bruto de rocha nos suplementos sem considerar os níveis de metais pesados. A referida atualização contextualiza a revogação, pela Portaria nº 06 (BRASIL, 2000), do artigo 2 da Portaria nº 20 (BRASIL, 1997), sendo que este permitia o uso de fósforo na alimentação animal, desde que fosse feito a partir de fontes devidamente registradas pelo Ministério da Agricultura. A Portaria nº 23 (BRASIL, 2012a) representa a legislação vigente sobre o assunto, revogando a Portaria 20/1997 e mantendo apenas a exigência do limite máximo de 2000 ppb para flúor nas misturas minerais destinadas à alimentação animal, o que já estava previsto na Portaria nº 06/2000, sem prever níveis máximos de metais pesados.

Há indicação de que a falta de regulação sobre limites também valha para o período 2006 a 2010, referente aos dados deste estudo. De fato, posteriormente às declarações de Teixeira et al. (2005), apenas se constata menção ao tema na IN nº 27 (BRASIL, 2006b), que apesar de estabelecer limites máximos de arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio e cromo para fertilizantes à base de fósforo, não regu-

⁴² Arsenatrol Vigor e Arsenil constam dos únicos relacionados à pesquisa por “arsen” do relatório de produtos com licença vigente da Coordenação de Fiscalização de Produtos Veterinários do MAPA. Seus fabricantes indicam estes produtos para tratamento de anemia (BRASIL, 2012c)

lamenta valores máximos aceitáveis para metais pesados em rações ou suplementos minerais de uso na alimentação animal.

Como exemplo de regulação sobre metais pesados na alimentação animal pode ser citada a legislação da União Europeia que estabelece para arsênio uma amplitude de 2 a 12 ppm em dietas animais com umidade de 12%. Em dietas com o mesmo nível de umidade a referida legislação estabelece também a amplitude de 5 a 40 ppb de chumbo e de 0,5 a 10 ppb de cádmio, dentre limites para outros contaminantes (UE, 2002).

É portanto necessário inicialmente definir limites máximos aceitáveis dos metais pesados arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio para posteriormente estabelecer procedimentos de monitoria para insumos utilizados na alimentação animal, o que é condizente com o proposto por Gonçalves et al. (2008), mesmo que estes autores tenham sugerido foco restrito a chumbo.

No presente estudo o aumento de risco de contaminação por arsênio conforme diminuição no tamanho da área de pastagem possibilita supor a existência de vínculo com um maior uso de suplementos na criação intensiva de bovinos como já sugerido por Franco et al. (2006), ao apontarem o aumento de uso de elementos-traço na criação intensiva. Entretanto, a relação aventada de área de pastagem com suplementação mineral deverá ser confirmada por outros estudos, já que neste não se avaliaram especificamente os quesitos relacionados a tal tipo de criação, além daqueles relativos à predominância de confinamento entre municípios.

6.8.1.1.2 *Porcentagem de Confinamento (Pocon)*

Este estudo mostra que os municípios com níveis elevados e intermediários de confinamento apresentam maior risco de contaminação por arsênio, relativamente àqueles integrantes da categoria de menores porcentagens de propriedades confinadoras, apesar de não haver um gradiente linear de efeito (Quadro 12).

Torna-se relevante observar quais são os alimentos utilizados nas propriedades, uma vez que manejo de confinamento tem implicações na dieta animal. Como este é um estudo ecológico, não é possível associar a condição de uso

alimentar em cada propriedade ao bovino correspondente amostrado pelo PNCRC. Assim, a estimativa de dieta foi feita a partir da literatura.

Sartini et al. (1994), dentre os alimentos disponíveis para utilização em sistemas de confinamento de bovinos no estado de São Paulo indicam os seguintes: silagem e fenos, palhadas e sabugos, capineiras, cana-de-açúcar, polpa cítrica, mistura melaço-ureia, cama de frango, bagaço de laranja, milho, sorgo e farelo de algodão ou de soja.

O manejo que se valha do uso de misturas minerais obtidas de fosfato de rocha pode estar preferencialmente associado a propriedades de criação intensiva com menor área de pastagem. Recomenda-se, todavia, a realização de mais estudos para mensurar diretamente o impacto das misturas minerais obtidas de fosfato de rocha nas detecções de arsênio no PNCRC.

Tais estudos poderiam incluir os municípios identificados neste estudo como os de maior risco para contaminação por arsênio e considerar variáveis como fonte de minerais (importado ou nacional), tendo-se em vista a ênfase no risco constatado em insumos importados, ou ainda a utilização prévia da pastagem como pomar (LI et al., 2005), lembrando que os pomares são sujeitos a defensivos agrícolas.

Outras fontes de arsênio podem ser introduzidas na alimentação animal por aveia em flocos e cevada (0,10 a 0,16 ppm); feno (0,10 a 0,17 ppm); palha (0,10 a 0,13 ppm); silagem (0,10 a 0,33 ppm). As tortas, grãos e pellets na dieta de bovinos de corte também representam fontes de arsênio, neste caso variando de 0,24 a 1,16 ppb. Todos estes resultados referem-se ao conteúdo em matéria seca (NICHOLSON et al., 1999).

O manejo da alimentação considerando o tamanho da área de pastagem como fator inversamente proporcional ao risco de contaminação por arsênio torna relevante avaliar o uso de suplementos minerais e dos alimentos diretamente empregados. Neste último caso, deve-se considerar a característica intrínseca em concentrar arsênio das pastagens, como já aventado em capineiras de locais de mineração (NG et al., 2003) e a possibilidade das forrageiras terem sido plantadas em áreas previamente utilizadas por outras culturas que utilizassem arsenicais como defensivo agrícola, recobrando as culturas de pomares como exemplo.

Pode-se recomendar a geração de relatórios para vigilância de fatores de risco para monitorar a fonte de minerais (nacional ou importado), considerando o

nº de registro no órgão competente, quando cabível. Além disso, os relatórios poderiam monitorar a fonte de fosfato e o tipo de alimentação usada e também o histórico pregresso de culturas da propriedade, ao que estaria se avaliando a presença de aveia, feno, palhas, silagem e de outros alimentos cuja literatura aponte níveis elevados de arsênio, bem como a vinculação com defensivos na agricultura. Além destes itens deve-se também incluir variáveis relativas à propensão do solo de cada propriedade à presença de arsênio, o que pode significar a ingestão do contaminante diretamente a partir do solo (NG et al., 2003), mesmo que isto não tenha sido avaliado no presente estudo e ainda que não se disponha de respaldos para supor maiores níveis de arsênio no solo dos municípios de onde se registraram as detecções do PNCRC. De qualquer forma, deve-se recomendar a inclusão de dados sobre concentrações de As no solo das propriedades em relatórios de vigilância epidemiológica de metais pesados vinculados aos resultados do PNCRC, tendo-se em vista a possibilidade de ingestão do solo representar de 1-18% (THORNTON; ABRAHAMS, 1983) a 80% da matéria-seca ingerida por bovinos e 97% do arsênio obtido pelos animais (ABRAHAMS; THORNTON, 1994).

6.8.1.1.3 *Nível Educacional dos Produtores Rurais (posec e pogin)*

As variáveis educacionais podem ser indicadas como as preditoras de maior relevância para a contaminação por arsênio neste estudo, dada a maior significância do efeito de risco para Nposec ($p=0,001$) e Npogin ($p=0,005$) e as respectivas OR (Quadro 12) indicando fator protetor de contaminações, o que provavelmente tem relação com o aumento de risco das práticas produtivas utilizadas nos municípios com menor cobertura de instrução ginásial e secundária dos trabalhadores rurais. De fato, constata-se que municípios cujas UPAs possuam maiores percentuais de proprietários com nível secundário ou ginásial completo apresentem menores chances de contaminação dos bovinos por arsênio do que os municípios de menores percentuais respectivos.

Propor variáveis para avaliar diretamente os componentes educativos e inserir ações de educação dirigidas parece constituir ação essencial à implantação de sistemas capazes de diminuir os riscos químicos relacionados à produção de ali-

mentos. Tais variáveis poderão acelerar o processo, já estimado em décadas, para que ocorra aumento de renda associado com diminuição dos níveis de resíduos e com alcance de mercados que exigem níveis cada vez menores de “resíduos”⁴³ e pagam mais pelos produtos (DASGUPTA et al., 2002).

A relevância dos quesitos educacionais deve ser vista sob perspectiva quando se abordam os procedimentos de polícia sanitária. Não cabe à fiscalização proceder à orientação técnica a entes fiscalizados, alternativamente à aplicar as sanções cabíveis decorrentes da constatação de não atendimento aos parâmetros legais definidos. Entretanto, no contexto atual de reconhecimento da complexidade da cadeia produtiva, em vários países tem-se observado uma amplitude de ações regulatórias variando de nenhuma intervenção governamental, passando por autocontrole do setor privado, cor-regulação, informação/educação ao setor produtivo, utilização de estruturas de incentivos, chegando à esfera de intervenção máxima dos órgãos de governo ligados à saúde pública, representada por comando direto das ações de controle/intervenção (GARCIA MARTINEZ et al., 2007).

Mesmo que as ações educativas não se apliquem ao setor de governo responsável pela fiscalização, reconhece-se a pertinência de outras esferas governamentais, e talvez não governamentais da sociedade organizada, para educação vinculada a atendimento a códigos de prática e padrões operacionais no meio rural, pois o acesso a informação e consultoria consta de componente essencial às estratégias para obtenção de elevados níveis de conformidade, principalmente no que se refere aos pequenos produtores que podem carecer de conhecimento específico (GARCIA MARTINEZ et al., 2007).

A participação da cadeia produtiva, nesse aspecto educativo, poderá transformar os produtores e trabalhadores rurais em agentes de modificação da realidade favorecendo a utilização de medidas preventivas aos fatores de risco identificados no sistema de vigilância. Medidas neste sentido devem agir em composição com legislações para regulamentar os níveis máximos de metais pesados na alimentação animal, considerando tanto os alimentos registrados, quanto as fon-

⁴³ Neste caso utilizou-se o exemplo de resíduos de pesticidas citado por DASGUPTA *et al.* (2002), sendo que no caso está se fazendo a alusão a qualquer tipo de composto químico, inclusive os contaminantes inorgânicos

tes de fosfato de rocha, ambos necessários para inocuidade dos produtos de origem animal e para a segurança ambiental (LONG et al., 2004).

Não foi possível avaliar a contribuição exclusiva das variáveis confinamento (pocon) e área de pastagem (narpa) sem considerar a participação do nível educacional na estimativa de risco conjunto, pois com a base de dados utilizada o modelo a ser gerado não possuiria aderência, caso se excluíssem as variáveis educacionais ($p < 0,05$ no teste de Hosmer e Lemeshow). Apesar de supor-se que é o confinamento que tenha relação com a diminuição na área de pastagem e respectivo aumento de risco à contaminação por arsênio, não foi possível conhecer os efeitos ecológicos individuais de risco, quer para confinamento (pocon), quer para área de pastagem (narpa).

Como exposição paralela à alimentação pode-se conjecturar pela relevância da água, uma vez que as outras formas de contato, como aérea e transcutânea, podem ser consideradas menos importantes para os animais (FRANCO et al., 2006).

Com o banco de dados do projeto LUPA foi possível pesquisar o efeito da fonte de água da propriedade rural nas contaminações por arsênio, utilizando-se as variáveis posar⁴⁴ e nupar⁴⁵. Entretanto, tais variáveis não participaram da modelagem de regressão logística, em vista de serem consideradas insignificantes ($p > 0,20$) no teste de χ^2 , ou seja, o distinto grau de cobertura por poços semiartesianos, entre os municípios da amostra estudada no estado de São Paulo, não influenciou a diferença de contaminação dos bovinos por arsênio. A distribuição de poços semiartesianos neste estado sugere que a água proveniente deles não constitua uma importante fonte de exposição de arsênio, ou mesmo que não exista relação entre a presença deste tipo de poço na propriedade e a fonte de água utilizada para dessedentação dos bovinos.

Considerando-se o relevante papel da água de dessedentação na exposição a arsênio e a seus efeitos nocivos (BATES et al., 1992) deve-se também recomendar o monitoramento sobre as fontes de água nas propriedades de criação de bovinos, como parte de um sistema de vigilância epidemiológica para as contaminações por metais pesados. Em tal sistema, a vinculação entre propriedade de origem e cada animal amostrado pelo PNCRC poderia evidenciar a fonte hídrica

⁴⁴ Número de UPAs que possuem poço semiartesiano em cada município

⁴⁵ Total de poços semiartesianos em cada município

da contaminação além de permitir melhor caracterizar a exposição, no que se refere ao histórico de propriedades em que passam os animais durante a vida. Na ausência deste sistema de vigilância a única informação disponível, muitas vezes, é representada apenas pela Guia de Trânsito Animal (GTA), trazendo informação sobre a última origem, que não pode ser considerada como a fonte exclusiva de exposição (ou mesmo de não exposição), como nos resultados deste estudo que não encontraram associação significativa entre as fontes de água de poço semiar-tesiano e as contaminações por arsênio.

Como este estudo é ecológico deve ser considerado como cogitação inicial para recomendar a realização de avaliações de risco do sistema de criação, ligadas ao confinamento e menor uso de área de pastagem, para identificação dos fatores de manejo que poderiam justificar a contaminação por arsênio e que devem ser prevenidos. Neste aspecto, destaca-se a necessidade de acoplar relatórios de monitoramento para estes e outros fatores de risco apontados na literatura em cada propriedade rural a ser amostrada pelo PNCRC.

O envolvimento da cadeia produtiva, incluindo associações de produtores e organizações não governamentais relacionadas a questões ambientais, pode agilizar a estruturação de programas de vigilância baseados em monitoramento dos referidos fatores de risco.

Nesse âmbito, estudo realizado pela Secretaria de Política Agrícola do MAPA já destacou a necessidade de investimentos para promoção e articulação de iniciativas a respeito de comportamentos cooperativos e menos adversariais, promovendo coordenação em busca do esclarecimento e *know-how* necessários à implantação de procedimentos técnicos relativos à garantia de vanguarda no mercado de atendimento a quesitos sanitários (BUIANAIN; BATALHA, 2007).

Apesar de tal estudo ter exemplificado a demanda em conhecimento apenas sobre rastreabilidade (cursos, cartilhas para integração entre os elos da cadeia), as associações de produtores de forma organizada parecem também ter condições de favorecer a implantação de um sistema de monitoria das boas práticas agrícolas.

A promoção de cursos, ciclos de palestras, distribuição de “cartilhas” sobre colaboração e rastreabilidade, assim como mais informação sobre comportamento do consumidor nacional e internacional, contribuiria para aumentar a consciência da necessidade de integração dos elos da cadeia.

6.8.1.2 Modelo para Chumbo: Pogin (educação de 1º grau); Pocil (presença de pocilga); Arbore (vegetação de brejo e várzea); Panso (realização de análise do solo)

A probabilidade de contaminação foi estimada com base no efeito da educação primária (pogin) dos proprietários rurais conforme quantitativo de pocilgas (pocil), de vegetação tipo brejo/várzea (arbore) e do nível de uso de práticas de análise de solo (panso), todos medidos em categorias a partir da ordem crescente da apresentação dos quesitos nos municípios de São Paulo.

Para avaliar-se a particularidade da UTRA Botucatu em relação às detecções de chumbo (Tabelas 9, 10 e item 6.2.1) deve-se considerar que as variáveis relevantes identificadas no modelo têm relação com o local de última origem dos bovinos abatidos, uma vez que esta localização é a que consta na Guia de Trânsito Animal e serve de base para registro de procedência no SISRES.

A ocorrência de detecções de chumbo em propriedades rurais das microrregiões da UTRA Botucatu sugere a existência de fatores determinantes nesta área geográfica, já que a detecção preferencial alude à exposição espacialmente comum. Tal ocorrência destacada foi observada a partir de dados dos municípios de Avaí, Bauru, Botucatu, Cerqueira César, Conchas e Lençóis Paulista (Tabela 6).

Na região, no entanto, é possível a existência de fatores adicionais aos identificados pela modelagem de regressão tendo-se em vista a desconsideração de municípios participantes do excesso de detecções de chumbo e que foram excluídos para atendimento à premissa de independência da variável *contam*. Esta premissa motivou a inclusão, na modelagem, apenas de municípios com detecções/violações exclusivas, embora tenha definido a exclusão dos municípios em que houve tanto detecções/violações como não detecções para o bem da comparabilidade entre as áreas de ocorrência exclusivas com aquelas de não ocorrência de chumbo.

Dado o maior número de detecções de chumbo na região administrativa da UTRA Botucatu a limitada inclusão de dados no estudo ecológico recomenda que sejam realizados novos estudos a partir de dados individualizados contando com a identificação da propriedade rural de origem em cada fase da vida do animal e seu correspondente resultado do PNCRC. Isto se justifica devido à exposição ambiental diferenciada que pode ocorrer em cada propriedade rural levando-se

em conta o efeito cumulativo do chumbo, em particular, e dos metais pesados em geral.

Com a referida abordagem seria possível dispor de maior número de observações para estabelecer áreas exclusivas de ocorrência e não ocorrência, uma vez que a exclusão de registros comuns às duas categorias seria minimizada em relação ao que ocorre quando a unidade de análise é o município como um todo.

Mesmo que não tenha sido possível esclarecer a causalidade do excesso de detecções de chumbo em todos os municípios da regional administrativa de Botucatu, em virtude da exclusão de vários destes da análise, os dados da última propriedade com suporte nas GTAs possibilitaram identificar fatores produtivos de risco no modelo de regressão logística múltipla indicando o aumento da probabilidade de contaminação dos bovinos conforme exposição às variáveis pocil (pocilga), panso (realização análise de solo), arbre (vegetação de brejo e várzea) e pogin (instrução ginásial). Tais fatores são representativos de todos os municípios do estado que atenderam o critério de detecção ou não detecção exclusiva, entretanto, mormente influenciados por aqueles da UTRA Botucatu em vista desta região ter apresentado maior risco de detecções em SP.

À medida que aumentou a expressividade da suinocultura (pocil), nos municípios amostrados do estado de São Paulo, incrementou-se o risco das contaminações por chumbo em bovinos. O efeito de maior risco também foi conferido pelo uso das análises de solo (panso) e pela presença de vegetação tipo brejo/várzea (arbre), ambos em grau intermediário na ordem quantitativa destes fatores segundo sua presença nos municípios. Cabe ressaltar que o menor nível de educação ginásial (pogin) também concorreu para o aumento no risco de contaminação de bovinos por chumbo.

Esses fatores, relevantes para a contaminação de bovinos por chumbo nos municípios do estado de São Paulo de uma forma geral e não apenas para a região de Botucatu, são considerados na sequência.

6.8.1.2.1 Número de UPAs que Possuem Pocilga em Cada Município (Pocil)

A contaminação do solo por metais pesados e por conseguinte da pastagem pode ser influenciada por deposição atmosférica, irrigação com águas residuais, aplicação de fertilizantes e adição de lodo de esgoto ou de esterco. Apesar disso, é possível modelar a contaminação considerando exclusivamente a adição de esterco. Franco et al. (2006) afirmam que a concentração de metais pesados nas plantas depende daquela no solo. A alegação é baseada em equações preditivas para modelos de Cd [$\ln(C_{\text{plantas}}) = 1,152 \pm 0,638 + 0,564 \pm 0,0047 * \ln(C_{\text{solo}}) - 0,27 \pm 0,102 * \text{pH}$] e de Pb [$\ln(C_{\text{plantas}}) = -1,328 \pm 0,350 + 0,561 \pm 0,072 * \ln(C_{\text{solo}})$].

A contaminação do solo por chumbo considerando exclusivamente a adição de esterco, segundo Franco et al. (2006), segue a equação:

Pb [$\ln(C_{\text{plantas}}) = -1,328 \pm 0,350 + 0,561 \pm 0,072 * \ln(C_{\text{solo}})$], indicando que o uso de esterco favorece a contaminação da pastagem por chumbo.

No presente estudo constatou-se que a presença de pocilgas na propriedade rural aumenta o risco de contaminação de bovinos por chumbo medido como detecção deste metal no âmbito do PNCRC. A plausibilidade relativa à associação entre uso de esterco, contendo chumbo, e a contaminação das pastagens permite supor que as propriedades de bovinos, que possuam criação de suínos, utilizem adubação com despojos da suinocultura de forma mais frequente do que o referido uso de esterco é feito nas propriedades destituídas deste tipo de criação animal, ou que nos resíduos de tal cultura a concentração de chumbo seja maior, já que Chary et al. (2008) apontaram a relevância da irrigação com águas residuais na incorporação de metais pesados por vegetais.

Long et al. (2004) em estudo realizado na China, numa região de criação animal intensiva, observaram que as concentrações de chumbo podem ser maiores nos alimentos de suínos, ao mesmo tempo em que os níveis de chumbo nos dejetos destes animais estão entre os maiores mesmo que se tenha avaliado conjuntamente várias espécies animais, incluindo aves (patos, gansos, pombos), vacas leiteiras e galinhas.

Além dos elevados níveis de chumbo nos dejetos suínos, a presença de pocilgas na propriedade de criação de bovinos poderia ainda justificar o risco, aumentado para chumbo nos bovinos, ao utilizar-se a compostagem como fonte pa-

ra adubação do solo de pastagem. Isto porque o armazenamento de dejetos promove a concentração de metais pesados decorrente das perdas de nitrogênio e carbono que ocorrem durante o processo de empilhamento e a compostagem *in situ* (PETERSEN et al., 2007).

Maior objetividade em termos de medidas preventivas poderá ser obtida a partir do monitoramento de fatores que afetam a biodisponibilidade de chumbo em dejetos suínos, sejam estes utilizados para uso direto como fertilizantes de pastagens, quer sejam para uso indireto para produção de larvas para fonte de proteína animal como proposto por Li et al. (2010).

Tal monitoramento pode ser efetivado mediante a criação de relatórios de avaliação de propriedades rurais, inclusas no sistema de vigilância de fatores de produção envolvidos com detecções/violações do PNCRC. Nestes relatórios deverão ser ainda consideradas variáveis para monitorar o tempo de uso de compostagem como técnica de fertilização da terra, uma vez que o chumbo presente nos dejetos aumenta as concentrações no solo após utilização prolongada.

Esse efeito tem relevância para as camadas mais profundas em que o nível de matéria orgânica fecal é diminuído e, quando acompanhado de pH baixo, pode favorecer a mobilidade do chumbo para absorção pela vegetação do local (AZEED et al., 2009). No sistema de vigilância epidemiológica para fatores de risco da contaminação de bovinos por chumbo também deverão ser consideradas variáveis para avaliar a possibilidade de contaminação da água de irrigação por esgoto (CHARY et al., 2008).

A variável pocil cogita a relevância do manejo de dejetos suínos na bovinocultura de corte indo ao encontro das recomendações de Petersen et al. (2007).

Para atualização sustentável da cadeia produtiva, especificamente para a reciclagem de dejetos, é necessário envolvimento dos produtores, reconhecimento de zonas vulneráveis a contaminantes e ainda utilizar uma abordagem multidisciplinar para aplicação das melhores técnicas disponíveis. Tais questões justificam-se devido às pressões legais que levam os fazendeiros a escolhas difíceis, face ao seu caráter às vezes conflitante em torno de bem-estar animal e inocuidade alimentar (PETERSEN et al., 2007).

Essas considerações reforçam a identificação de pocil como fator de risco no presente estudo concordando com Stenger (2000), no que se refere à necessidade de padrões mais rigorosos quanto ao uso de dejetos animais nas pastagens.

Recomenda-se, portanto, atualização na legislação pertinente para definição dos níveis máximos aceitáveis de metais pesados na adubação, inclusive chumbo, tendo como exemplo o anexo 2 da diretiva 278/86/CEE (UE, 1986).

Para materializar a abordagem multidisciplinar é necessário utilizar-se de ferramentas de avaliação integrada para basear sistemas de suporte à tomada de decisão sendo que tais sistemas ainda estão por desenvolver (PETERSEN et al., 2007), apesar de serem essenciais para o controle dos níveis de metais pesados nos produtos de origem animal.

Torna-se necessária a atualização das políticas agropecuárias, em um formato de vigilância epidemiológica, uma vez que as contaminações ainda são abordadas num cenário caso a caso, ou seja, não o sistemático pertinente ao ponto de vista do gerenciamento de risco baseado na ciência. Além disso, requer-se um maior número de pesquisas, pois são escassas as informações a respeito de estratégias de intervenção no âmbito da abordagem HACCP e que devem destacar o ímpeto de desenvolvimento dos sistemas de garantia da qualidade (KAN; MEIJER, 2007).

O presente estudo, ao utilizar o modelo ecológico na procura de fatores de produção relevantes às contaminações por chumbo, pode ser considerado como um dos sistemas em desenvolvimento para apoio à tomada de decisão. Ao realizar uma identificação inicial e propor a atualização de um sistema de vigilância epidemiológica, baseado na identificação de fatores de risco para violações de metais pesados no PNCRC, demonstra a possibilidade de utilização de bases de dados já existentes destacando, contudo, a necessidade de aprimoramento na confiabilidade dos riscos identificados, o que poderá ser feito com a geração de sistemas informatizados para vincular os dados sobre fatores de risco de cada propriedade rural com os dados de detecções e violações do PNCRC, no que se refere aos animais enviados para abate/processamento nas indústrias sob inspeção federal.

Adicionalmente, tal abordagem recomenda a integração entre políticas nas áreas de fiscalização da produção animal⁴⁶ e da inspeção higiênico-sanitária. Esta última deverá cada vez mais ter subsídios nas exigências da área de produção

⁴⁶ Para fiscalização da produção animal destacam-se os quesitos atinentes ao estabelecimento de limites máximos para metais pesados nas rações e demais insumos pecuários, como aditivos e medicamentos, dentre eles os de uso tópico que possam ser carregados aos tanques de armazenamento de dejetos no sistema de compostagem

animal para checar o atendimento aos pré-requisitos dos sistemas de auditoria, estes desenvolvidos pela garantia de qualidade da empresa produtora de alimentos de origem animal em sua interface com o campo, no âmbito de programas de qualificação de fornecedores.

O aprimoramento do sistema deverá continuar no sentido de concessões de licenças, com base na demonstração de aplicação das melhores técnicas disponíveis para obtenção dos menores níveis de chumbo, ao que os fabricantes também deverão apresentar seu ponto de vista para a geração de políticas o que tem espaço no conselho nacional de política agrícola, uma vez que este também é composto pela confederação da agricultura e de seus trabalhadores no esforço de integração dos instrumentos de política agrícola entre os setores da economia, previsto nos artigos 5º e 10º da lei 8171 (BRASIL, 1991).

De qualquer sorte mesmo com a requerida participação proativa da cadeia produtiva antevê-se a necessidade de intervenção governamental com legislações definindo itens para avaliação de cumprimento de pré-requisitos quanto ao controle de fatores de risco no âmbito dos programas de qualificação de fornecedores. A evolução destes programas poderá ser pautada pela progressão do sistema de vigilância epidemiológica proposto com incorporação gradual de variáveis substitutas de pocil, relevantes no nível individual das propriedades rurais e indicadores dos níveis máximos de metais pesados nos dejetos suínos utilizados na adubação de pastagens.

Tal proposta está em consonância com Ling-yu et al. (2010), quando estes destacam a necessidade de estudos adicionais para estabelecer padrões nacionais de metais pesados em solos como forma de garantir a sustentabilidade destes últimos, o que limitará a concentração de contaminantes metálicos nos fertilizantes químicos e orgânicos, além de controlar a quantidade máxima aplicada destes últimos.

Apesar de o Brasil possuir legislação definidora de limites máximos de metais pesados em fertilizantes (BRASIL, 2006b), o que parece não ser o caso na China, mesmo aqui ainda é necessário estabelecer procedimentos de monitoria do uso (FRANCO-URÍA et al., 2009) e do impacto dos fertilizantes nas propriedades rurais, tarefa mais dinâmica e mais propícia ao ambiente regulatório de alcance aos quesitos dos níveis *ALARA* para os quais a simples definição de limites legais é insuficiente, apesar de constituir-se em pré-requisito.

Relatórios específicos às BPAs enquadram-se numa sequência de procedimentos regulatórios da inocuidade alimentar. Para que se chegue num estágio em que a fiscalização possa realizar monitoramento de conformidade, que é necessário para demonstrar acompanhamento sistemático das violações/detecções com identificação e suspensão das causas ligadas aos fatores produtivos, necessitam-se dos seguintes pré-requisitos: definição de padrões de aceitação objetivos nos planos de boas práticas agrícolas das fazendas e de políticas sustentando a implantação deste processo, utilizando-se de incentivos variáveis.

A adesão às boas práticas agrícolas pode ser estimulada após a definição de padrões de aceitação, sejam estes dados de análise laboratorial ou procedimentos auditáveis de controle, com intensificação dos procedimentos de auditoria para verificar o atendimento aos referidos padrões.

O desdobramento de auditorias focadas em padrões na certificação dos produtos finais relativos à rastreabilidade até a fazenda de origem em procedimento chamado de “aumento de custo” da inconformidade, ou mesmo com outras abordagens calcadas em processos de multa, de divulgação de listas de *recalls* (GARCIA MARTINEZ et al., 2007) devidas à violações de substâncias químicas monitoradas pelo PNCRC e ainda da identidade das propriedades rurais/indústrias “violadoras” de limites legais máximos de resíduos/contaminantes, representa uma gama de estímulos reconhecida atualmente para promover mais rapidamente a implantação de formatos de controle auditáveis que apoiem a sustentabilidade do sistema brasileiro de garantias sanitárias.

Paralelamente a tais abordagens deve-se fomentar a adesão aos sistemas de boas práticas agrícolas auditáveis de autocontrole junto às associações de criadores, uma vez que apesar dos quesitos sanitários serem também considerados como aspectos de qualidade geral desejável já se reconheceu que o pecuarista pode não ser remunerado nem receber qualquer tipo de incentivo para produção neste formato (LUCHIARI FILHO, 2006).

A literatura aponta que a maior dificuldade na implementação dos sistemas de controle da inocuidade alimentar não consta da definição dos padrões de aceitação, sugeridos para inclusão em modelos de relatório de auditoria de BPAs no presente estudo, mas nos próprios procedimentos de fiscalização e monitoramento (GARCIA MARTINEZ et al., 2007). Portanto, estes procedimentos deverão ser adequadamente considerados numa fase posterior da plataforma de gerencia-

mento de risco químico do PNCRC, no momento de idealização da rotina de geração dos relatórios para avaliação do cumprimento ao formato de padrões de aceitação objetivos ora sugerida.

6.8.1.2.2 *Percentual de UPAs, em Cada Município, que Realizam Análise de Solo (panso)*

A constatação de efeito de risco para municípios com um nível intermediário, entre os de pequeno e grande número de propriedades que realizam análises de solo, indica vínculo entre aspectos relacionados a esta prática e a exposição de bovinos a chumbo. A análise de solo, além de constituir-se em critério de planejamento para agricultura no que se refere aos metais pesados como os mais importantes índices de qualidade da terra (LING-YU et al., 2010), também está associada a acompanhamento sobre adubações consecutivas e estas podem incorrer em aumento no aporte de chumbo ao solo.

Não está clara a falta de gradiente de efeito ligado a não significância da OR de comparação entre municípios de pequeno com os de elevado número de propriedades que realizam análise de solo (Quadro 15). Este estudo ecológico, entretanto, aventa a possibilidade de utilizar esta variável como protótipo de outras a serem identificadas e que mensurem diretamente as práticas de fertilização do solo.

6.8.1.2.3 *Número de UPAs, em Cada Município, com Vegetação de Brejo e Várzea (arbre)*

Não há diferença no risco de contaminação por chumbo em bovinos entre municípios de elevada e de baixa presença de vegetação tipo brejo e várzea o que é suficiente para demonstrar a inexistência de um gradiente de risco, considerando-se que o quadro 15 caracteriza serem maiores as probabilidades de detecção de chumbo no PNCRC a partir de bovinos oriundos de municípios com cobertura intermediária de propriedades rurais dotadas deste tipo de vegetação.

O fato é que a identificação de risco neste estudo ecológico motiva que se esclareçam quais são os fatores ativos que impactam o risco de contaminação no nível individual dos bovinos, momento em que poderão ser obtidos respaldos para a inexistência de gradiente de risco.

Não se sabe qual o tipo de exposição relativa a chumbo e ligado à presença da vegetação de brejo e várzea pode ter ocorrido com os bovinos deste estudo. Tal vegetação pantanosa pode ter influenciado o maior risco de contaminação nos municípios com este tipo de cobertura em nível intermediário, tanto pela ingestão de pastagem como da água. As características que diferenciam os municípios que tenham pântanos em áreas de 32,1 a 185,9 hectares daqueles que os possuam em extensões de 186 a 3776 ha (Quadro 15) deverão ser avaliadas por novos estudos que deverão considerar inclusive as peculiaridades relativas à identificação das espécies de plantas presentes, a utilização destas como parte da dieta dos bovinos, bem como a ingestão da água dos pântanos pelos animais.

As limitações da informação da GTA para referir apenas a última origem dos animais já foram apresentadas anteriormente. No presente caso, não permitem definir se a vegetação de brejo/várzea consta de fator subjacente a outros que favoreçam a contaminação por chumbo, ou seja, não há como saber se os bovinos já chegaram contaminados, à última propriedade vinculada com GTA e associada com a vegetação de brejo e várzea, pelos dados do projeto LUPA.

A tabela 5 ao apontar predileção de detecções na UTRA Botucatu permite observar que nesta regional é que devem predominar as propriedades rurais com cobertura de brejo/várzea em extensões de 32,1 a 185,9 hectares, já que estas possuem as maiores probabilidade de detecção de chumbo pelo modelo do quadro 15.

Supondo-se não haver diferença na exposição prévia a chumbo em bovinos destinados às propriedades dos municípios da UTRA Botucatu, como último destino anterior ao abate em relação às outras regionais administrativas, é coerente observar que as concentrações de chumbo de regiões pantanosas de forte influência antropogênica podem ser maiores do que nas localidades com outros tipos de vegetação por influência tanto do sedimento como da água de superfície (ESSIEN et al., 2009).

De fato, na Nigéria, uma comparação entre pântanos de elevado afluxo de efluentes industriais e urbanos, os chamados manguezais asfixiados (devido aos

níveis de oxigênio caracteristicamente inferiores a 23 mg/L), com os considerados saudáveis revelou concentração média 66% maior de chumbo na água de superfície e cerca de 2 vezes maior no sedimento dos primeiros (ESSIEN et al., 2009)⁴⁷.

Apesar dos referidos autores terem avaliado manguezais de um estuário, ou seja, na área do rio próxima ao mar o que representa formato diverso ao das regiões de brejo/várzea no estado de São Paulo, que foram avaliadas no presente estudo, é possível supor um paralelo sobre a influência antropogênica de pesca e da atividade industrial como fontes de contaminação das várzeas o que poderia justificar o efeito de risco de propriedades em que o chumbo, eventualmente presente em tal tipo de vegetação, imponha exposição aos bovinos. Os brejos ao representarem locais de chegada de águas que carregam lixívia podem acumular sedimentos que apresentam concentrações de chumbo superiores às correspondentes nas águas de superfície (IARC, 2006 - item d, p. 90).

6.8.1.2.4 *Nível Educacional do Produtor Rural, Medido como Percentual de UPAs, em Cada Município, cujo Proprietário Rural Completou o Ensino Ginásial (pogin)*

Dentre as variáveis associadas ao aumento da probabilidade de contaminações por chumbo o componente educacional consta daquele com maior p-valor (Npogin: $p=0,065$ – Quadro 15). Isto significa que o nível de instrução, apesar de não ser a principal justificativa para as probabilidades de contaminação, ajusta o efeito de risco representado pela suinocultura (pocil), em conjunto com a vegetação de brejo/várzea e o uso de análise de solo (panso).

Dos municípios em que 4 a 10,9% das unidades de produção possuem proprietários com nível ginásial para aqueles da faixa de 11 a 13,79%, observa-se uma diminuição do risco de contaminação de 15,25 para 14,6 (Quadro 15), considerando o maior nível educacional como referência de efeito em municípios da faixa de 13,8 a 34,1%.

⁴⁷ Média $\pm$ desvio-padrão para água de superfície (mg/L) em manguezal asfíxiado ($0,01 \pm 0,006$), comparado com pântano saudável ($0,006 \pm 0,006$). Para os 2 tipos de sedimentos do manguezal asfíxiado, observaram-se os valores ($78,1 \pm 3,9$) e ($93,8 \pm 3,2$), cerca de 2 vezes superiores aos dos correspondentes nos pântanos saudáveis ($39,6 \pm 1,6$) e ($42,2 \pm 3,2$)

Os dados do presente estudo sustentam a maior relevância do conhecimento em nível ginasial para formação de comportamentos preventivos à contaminação por chumbo segundo os procedimentos de manejo dos bovinos nas propriedades rurais, o que tem relação com o não efeito das outras variáveis educacionais testadas, quer seja da ausência de instrução (ninst) ou do nível secundário (posec).

Similarmente às considerações educacionais para as contaminações por arsênio (item 6.8.1.1.3), no caso de chumbo reitera-se a pertinência de incorporar ações educativas aos trabalhadores rurais e atrelar a mensuração de sua eficácia comportamental, preventiva das contaminações, às ferramentas de monitoramento de um sistema de vigilância epidemiológica.

6.8.1.3 Modelo para Cádmio: Ninst (falta de instrução); Nuarv (área de vegetação natural); Ranso (realização de análise do solo); Nautp (equipamentos de irrigação autopropelida)

O maior risco para detecções de cádmio na região de Guaratinguetá no período de 2002 a 2010 foi identificado a partir da constatação de 4 detecções em bovinos abatidos oriundos desta regional (Tabela 3), procedentes dos municípios de Guaratinguetá (1), Cunha (1), São Bento do Sapucaí (1) e São José dos Campos (1).

Foram identificados fatores de risco a partir dos municípios citados considerando os dados da última propriedade de procedência dos bovinos, com base no modelo de regressão logística múltipla.

Deve-se destacar que outros municípios, além dos pertencentes à região de Guaratinguetá, também forneceram dados para a modelagem sendo esta representativa do estado de São Paulo de uma forma geral⁴⁸ considerando-se as localidades cujos bovinos tiveram detecções/violações ou resultados de ausência de contaminantes, de forma mutuamente exclusiva.

A modelagem de regressão logística múltipla possibilitou estimar o aumento da probabilidade de contaminação dos bovinos por cádmio conforme exposição às variáveis ninst (sem instrução), nautp (equipamentos irrigação autopropelida), nuarv (área com vegetação natural) e ranso (realização análise de solo).

A absorção de cádmio pelos vegetais é favorecida por características do solo relacionadas com maior presença do metal não ligado. A maior disponibilidade deste metal em solução, promotora do aumento da captura pelos vegetais, está relacionada com os baixos níveis no solo para pH, matéria orgânica, argila, zinco e cobre, além de alta temperatura e elevada salinidade. O baixo pH é o aspecto de maior influência na absorção de cádmio pelas plantas (DE MEEÛS et al., 2002).

De qualquer forma, não foi possível avaliar tais fatores diretamente em virtude de não constarem do monitoramento do projeto LUPA. Desta maneira há indicação de se propor a inclusão de monitoramento para tais quesitos, no solo, como aspectos de vulnerabilidade à contaminação dos bovinos por cádmio proveniente das pastagens.

⁴⁸ Os dados do PNCRC foram obtidos a partir de amostragem aleatória, estratificada pelo volume de abate (pequeno, médio, alto) dos estabelecimentos participantes (*quanto maior o n° de animais abatidos por um estabelecimento, maior a chance deste ser sorteado para colher tecidos para análise na amostragem nacional de resíduos/contaminantes*). Para tal amostragem, representativa da população de bovinos do Brasil e considerada infinita (>10.000 animais), o “n” é calculado entre 299-598 animais como o suficiente para diagnosticar, com 95% de certeza, pelo menos 1 violação em prevalências de contaminação real entre 0,5-1% (THRUSFIELD, 1986 – p. 158, FAO, 2009 – anexo A, Tabela 1). A representatividade do estado de São Paulo é estimada a partir da do Brasil, sendo este último o considerado para efeito do cálculo do “n” como explicado anteriormente. A participação de São Paulo no total de amostras do Brasil (de uma forma geral e não restrita a metais pesados) é de cerca de 18% conforme dados (não demonstrados) de 2011 e 2012

6.8.1.3.1 *Total de Equipamentos à Base do Conjunto Autopropelido (nautp)*

A variável *nautp* representa o fator produtivo mais significativamente associado ao aumento da probabilidade de contaminação por cádmio considerando-se o menor p-valor ($4,74E \cdot 10^{-4}$) relativo a sua OR. Esta razão aponta que as chances de contaminação são 165,62 vezes maiores em bovinos oriundos de municípios que possuem um total de 0 a 2 equipamentos de irrigação autopropelida, em relação àqueles que apresentam de 3⁴⁹ a 34 destes instrumentos (Quadro 17 – legenda), assinalando que o menor uso de tal tipo de irrigação é que constitua risco de contaminação para cádmio.

O maior risco para menor utilização de equipamentos de irrigação autopropelida sugere a existência de outros fatores que acompanham uma menor mecanização segundo práticas de manejo que favoreçam a contaminação do solo, dos vegetais e/ou da água por cádmio.

Municípios com baixo nível de irrigação autopropelida⁵⁰ oferecem maior risco para contaminação de bovinos por cádmio.

O uso de fertilizantes está associado com disponibilização de cádmio ao solo e daí para as plantas utilizadas como pastagem, ou como foco de contaminação de águas de superfície, pois tal tipo de contaminação já foi referida em um fluxograma de 8 etapas genericamente importantes para produção animal (HORNCHNER et al., 2006). Desta forma é possível supor que o baixo nível de irrigação autopropelida esteja vinculado à maior utilização de fertilizantes. Mesmo que este fator não aponte diretamente a dieta animal, como risco para contaminação por cádmio, pode ser recomendado como indicador de vulnerabilidade, enquanto não se identificarem as práticas relacionadas ao uso de fertilizantes em dada propriedade rural.

A utilização de fertilizantes como variável de vulnerabilidade, em um sistema de vigilância epidemiológica para metais pesados, ganha mais força quando se

⁴⁹ A categoria de municípios com maior utilização de equipamentos de irrigação autopropelida é representada pela faixa de 2,01 a 34 equipamentos. Considerando-se 3 como o menor número inteiro maior que 2, o valor 2,01 indica o primeiro valor maior que 2 e para efeitos deste estudo é sinônimo de 3, já que não existe empiricamente a quantia de 2,01 equipamentos de irrigação

⁵⁰ Os níveis de irrigação autopropelida foram medidos com base na mediana dos totais de equipamentos deste tipo de irrigação no conjunto de todos municípios avaliados. A categoria de referência é representada pela faixa dos 50% maiores valores

vislumbra emprego deste sistema para consecução de níveis cada vez menores de cádmio em alimentos de origem animal. Cádmio é uma exceção entre os metais pesados, no que se refere à lógica de redução de risco advindo dos metais oriundos do consumo de plantas considerando os efeitos fitotóxicos que as tornam inviáveis, ou mesmo à diminuição dos níveis nos próprios vegetais ao longo do tempo. Isto porque o cádmio que chega à vegetação mantém-se na cadeia alimentar em níveis que representam risco aos consumidores (LI et al., 2005).

O aumento de exposição ao cádmio é sustentado pela possibilidade da irrigação, por outras formas que não a autopropelida, amplificar a difusão de fertilizantes fosfatados, uma vez que estes são fontes de cádmio (GOMES et al., 2008), o que também pode aventar algum tipo de relação subjacente entre o uso de fertilizantes e a preocupação ligada às análises de solo. Neste aspecto, apesar da realização da análise em si não trazer qualquer risco de contaminação por cádmio, a comparação de municípios de baixa com os de alta utilização das análises de solo demonstrou haver aumento de 15,53 vezes nas chances de contaminação como se vê do quadro 17 para a variável ranso (Número de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário).

Dada a maior significância de nautp pode-se dizer que as outras variáveis (ninst, nuarv, ranso) ajustam a primeira no aumento que esta impõe às probabilidades de contaminação de bovinos de corte por cádmio.

6.8.1.3.2 *Número de UPAs com Proprietário Sem Instrução (ninst)*

O risco de contaminação por cádmio é maior nos municípios com maior número de proprietários rurais que tenham algum nível de instrução, em oposição à instrução incompleta ou falta de instrução. De fato, considerando os municípios em que os 50% dos menores totais das UPAs são de proprietários sem instrução, observa-se risco 53,66 vezes maior de que os bovinos sejam contaminados por cádmio (Quadro 17) em relação aos bovinos das propriedades localizadas em municípios cuja maioria das UPAs seja de proprietários com instrução completa. Tal efeito, aparentemente contraditório, sugere que o nível de conhecimentos

oposto à falta de instrução incompleta aumente o risco de contaminação por cádmio.

Como na modelagem as variáveis relativas ao nível ginasial e secundário não foram significativas a oposição à falta de instrução está vinculada a um nível marginal de educação, superior à educação incompleta e inferior ao nível ginasial.

Para cádmio, não houve sequer efeito protetor dos níveis de educação ginasial ou secundária, o que fora observado no modelo de arsênio. Desta forma sugere-se que a educação formal genérica não seja determinante de prevenção às práticas produtivas que possibilitam incorporação de cádmio aos bovinos de corte.

Vislumbra-se a possibilidade de uma predisposição à contaminação adicional vinculada aos proprietários com alguma instrução formal, mais educados do que os absolutamente não instruídos, contudo preparados inadequadamente nas técnicas preventivas à contaminação por cádmio. Esta última assertiva, juntamente com a observação do efeito “não preventivo das contaminações de cádmio” pelos níveis ginasial e secundário de educação, assinala a necessidade de consideração especial para um manejo preventivo à contaminação por cádmio, destacando-se a relevância da extensão rural neste aspecto.

Como o cádmio se diferencia dos outros contaminantes inorgânicos por não necessitar de acúmulo prolongado para exercer efeitos adversos (consumo prolongado de vegetais dotados de baixos níveis como exemplo do que não se aplica) devido a já estar prontamente em concentrações “de risco” para os consumidores pode-se supor que noções básicas de cuidados, ligadas aos conhecimentos obtidos por uma educação genérica que tiveram impacto preventivo em arsênio e chumbo, não tenham efeito em cádmio, o que recomenda a extensão rural para realização de atividades que concorram para habilitação dos produtores nas técnicas preventivas às principais vias de contaminação por cádmio.

Não seria perdulário reforçar a possibilidade de fatores de confusão terem se incorporado aos dados em seu processo de agregação e invertido o sinal da relação de risco, o que justificaria o efeito paradoxal de observar-se maior risco para algum grau de instrução em oposição a nenhum. De qualquer maneira recomenda-se a realização de mais estudos para avaliar o papel da educação dirigida na prevenção da contaminação por cádmio em bovinos de corte.

6.8.1.3.3 Área com Vegetação Natural (nuarv)

Neste estudo o risco de contaminação por cádmio no PNCRC foi tanto maior quanto maior a área com vegetação natural, uma vez que a mediana desta variável indica que os municípios cujas UPAs detêm as maiores áreas deste tipo de vegetação⁵¹ impõe aumento de 37,0 vezes no risco de detecção deste metal em seus bovinos. Considerando-se que vegetação natural indique árvores nativas⁵² pode-se supor que o efeito de risco seja atribuível a outras variáveis associadas com as maiores áreas de vegetação natural e não a um efeito de risco mediado diretamente pela árvores, já que o acesso a cádmio em bovinos se dá por ingestão, via dieta/água.

De Meeûs et al. (2002) consideram uma distinção nos vegetais relativamente às concentrações de cádmio, qualificando cereais, batatas, raízes e verduras como altamente sensíveis. Desta forma resta a realização de estudos para avaliar a relação da maior área de vegetação natural na propriedade com a maior incorporação de cereais e vegetação folhosa na dieta animal. De qualquer maneira, recomenda-se a inclusão de variáveis quanto à composição da dieta, prevendo campos para registro sobre cada um dos vegetais no monitoramento a utilizar como vigilância epidemiológica de cádmio em animais de produção. Além disso, considerando-se que a dieta também pode ser afetada por suplementos minerais (PETERSEN, 2007), deve-se considerar o monitoramento da fonte de minerais e quanto à realização de análises laboratoriais para estes ingredientes definindo-se níveis baixos de cádmio como pré-requisito para utilização no arraçãoamento. De qualquer modo, esta providência terá melhores resultados se a legislação for atualizada para definir níveis máximos aceitáveis com procedimentos de fiscalização eficazes.

⁵¹ Áreas de 3.023,8 a 56.622,8 hectares, vide quadro 17

⁵² Kramer, D (CATI). Informação pessoal

6.8.1.3.4 Número de UPAs que Realizam Análise de Solo (ranso)

A constatação de efeito de risco para municípios em que o maior número de propriedades realiza análise de solo indica vínculo entre aspectos relacionados a esta prática e a exposição de bovinos a cádmio.

A análise de solo além de constituir-se em critério de planejamento para agricultura também está associada a acompanhamento sobre adubações consecutivas e estas podem incorrer em aumento do aporte de cádmio a terra.

Na ausência de um indicador direto da exposição de cada propriedade ao risco de contaminação de dietas animais por vegetais, obtidos dos solos respectivos, o nível de realização da análise de solo pode funcionar como quesito de vulnerabilidade na população bovina em um sistema de vigilância epidemiológica.

A avaliação conjunta a respeito dos fatores de risco identificados nos 3 modelos de regressão logística múltipla deste estudo permite constatar a relevância das variáveis ligadas ao tipo de vegetação nas propriedades rurais sugerindo um papel importante para os vegetais utilizados na dieta dos bovinos, além de cogitar relações subjacentes à vegetação.

Para arsênio as menores áreas com pastagem incrementaram o risco, enquanto as maiores áreas de vegetação tipo várzea aumentaram a chance de contaminação de bovinos por chumbo e as maiores áreas de vegetação natural estiveram associadas com maior risco de contaminação por cádmio.

Ainda relevante para o quesito de vegetação observa-se efeito de risco para os maiores níveis de confinamento de bovinos, no modelo de arsênio, possivelmente relacionados com a menor utilização de pastagem na engorda dos animais. Para os municípios de maior quantitativo de pocilgas também houve aumento no risco de contaminação por chumbo, sendo a ligação à dieta provavelmente devida ao sistema de compostagem de dejetos.

Paralelamente às variáveis ligadas, direta ou indiretamente, ao tipo de vegetação constata-se a relevância das variáveis educacionais na modelagem quer para arsênio, chumbo ou cádmio, em diferentes intensidades preventivas às contaminações para os níveis ginásial e secundário no caso de arsênio; com papel preventivo para o nível ginásial para as contaminações por chumbo e com destaque para a educação incompleta/ausente, paradoxalmente associada com menor

risco de contaminação por cádmio. Neste último caso a falta de instrução foi considerada em contraposição a algum grau de educação que seja inferior ao nível ginasial.

Além das variáveis relacionadas ao tipo de vegetação as práticas relacionadas com a realização de análise de solo tiveram papel no risco de contaminações por chumbo e por cádmio, respectivamente mensurado quer pela proporção quer pelo total de análises em cada município, apesar de tal efeito não ter sido constatado no modelo de arsênio.

A relevância da vegetação como fator de risco para contaminação por metais pesados, por meio da dieta animal, é amplamente sustentada por diversos autores (HINTON, 2000; FRANCO et al., 2006; MUCHUWETI et al., 2006; MIRANDA et al., 2009), ao que deveria ter sido adicionada importância para a água de dessedentação, o que não foi possível constatar neste estudo em virtude de não ter havido significância para as variáveis posar e posem relativas respectivamente a poço artesiano e semiartesianos e que por isso foram excluídas da modelagem.

Mesmo que não tenha sido possível quantificar a probabilidade de contaminação por metais pesados que esteve associada com as detecções no âmbito do PNCRC, para o presente estudo, deve-se destacar o importante papel de risco representado pela água de bebida principalmente quando os locais utilizados como bebedouros recebem influência de águas superficiais. Além da água de superfície ou mesmo de poços rasos, no caso específico de arsênio, a água com maiores concentrações de arsênio de poços artesianos referida por Bates et al. (1992) deve ser lembrada como fonte pelo menos deste metal pesado.

6.9 MITIGAÇÃO DE RISCOS POR ATUAÇÃO EM ETAPAS ESTRATÉGICAS: papel organizador do Estado *versus* a responsabilidade por garantias técnicas atribuída à cadeia produtiva

A despeito da caracterização de diferentes níveis esperados para cada metal pesado e regional administrativa, conforme gráficos 3, 11 e 12, destaca-se a relevância de avaliar os fatores ativos para os contaminantes inorgânicos como evento qualitativo, ou seja, para identificação dos determinantes da presença de me-

tais pesados em qualquer concentração que seja específica ao contaminante considerado. Procedendo por esta via é possível debruçar-se sobre toda a faixa de resultados quantificáveis, abordando inclusive as baixas concentrações de metais pesados, como foco para ampliação da interface entre o PNCRC e a atualização do formato de gerenciamento dos programas de boas práticas agrícolas do setor produtivo.

No contexto atual de atendimento às expectativas da sociedade quanto à inocuidade alimentar as crises recentes da contaminação ambiental por dioxinas na Bélgica, da encefalopatia espongiforme bovina no Reino Unido e da síndrome urêmico-hemolítica relacionada à *Escherichia coli* O147:H7 nos EUA, motivaram o desenvolvimento de sistemas de controle baseados em risco. Tais sistemas passaram a ser exigidos pelas autoridades sanitárias, uma vez que estas são responsáveis pela saúde da população, para suplementar as medidas de inspeção oficial *ante e post-mortem* que, por si, foram insuficientes para controlar os agentes etiológicos das referidas crises (HINTON, 2000; MILES; FREWER, 2001; REEVES, 2005; COVACI et al., 2008).

Os sistemas baseados em risco são destinados à atuação em focos estratégicos, capazes de impedir a progressão de perigos ao longo da cadeia produtiva (SAEGERMAN et al., 2006). Ao mesmo tempo devem gerar registros que forneçam credibilidade na suficiência das ações técnicas empregadas, que também devem ser respaldadas cientificamente (ORRISS, 1997; DUBUGRAS; PÉREZ-GUTIÉRREZ, 2008).

A histórica evolução na abordagem da inocuidade alimentar possibilitou destacar a necessidade de fragmentação dos controles por etapa específica (FAO, 2012b).

Dada a multiplicidade de etapas, que tornam a cadeia produtiva complexa demais para ser gerenciada por iniciativas isoladas (KÄFERSTEIN; ABDUSSALAM, 1999), tem-se recomendado a utilização de sistemas com base no HACCP (USDA, 1998; BLAHA, 1999), enfocando-se no controle estratégico de processo, de forma integrada e com responsabilidades compartilhadas (FAO/WHO, 2005; DUBUGRAS; PÉREZ-GUTIÉRREZ, 2008).

Ainda que a utilização de sistemas similares ao HACCP seja encorajada por organismos internacionais de referência como a FAO (OPAS, 2005a) pode ser difícil seu emprego no contexto da fazenda (HEGGUN, 2001), uma vez que os

planos devem ser específicos aos procedimentos particulares de cada propriedade rural (SAEGERMAN et al., 2006). Assim, mesmo sendo programas baseados em HACCP compartilham com este a complexidade de princípios hierarquizados de controle, no entanto, sem dispor de pontos críticos de controle (FAO; WHO, 2006) dada a impossibilidade da fazenda GARANTIR a ausência de contaminantes inorgânicos, propondo-se no máximo a reduzir seus níveis.

Horchner et al. (2006) afirmam que a propriedade rural deve ser considerada como ponto crítico de controle (PCC) para metais pesados. A rigor, pelo conceito convencional do sistema HACCP (USDA, 1998), não se trata de um PCC (ROPKINS; BECK, 2002) em vista da inviabilidade de se monitorarem os níveis de contaminação em cada animal.

Mesmo que a produção primária possa ser motivo de disputa entre os autores, quanto a ser ou não passível de controle com uso do sistema HACCP, alguns aspectos devem ser esclarecidos. Este esforço de clareza representa forma de conciliar os termos técnicos utilizados, para contornar as questões de sua especificidade de definição⁵³, com a incontestável necessidade de implementar controles estratégicos nas etapas pré-industriais da cadeia produtiva, ainda que a aplicação do HACCP já tenha sido reconhecida como não factível, pelo menos ainda, para a produção primária de uma forma geral (UE, 2004a).

O conceito convencional de PCC considera este como uma etapa, localização ou ponto de mensuração em que uma medida de controle tem condições de ser aplicada, constituindo-se em providência essencial para evitar a incorporação de um perigo, ou para eliminar um perigo incorporado nos estágios prévios de processamento, ou ainda para reduzir perigos, não evitáveis ou elimináveis, a níveis aceitáveis do ponto de vista de saúde pública (CERF; DONNAT, 2011; FAO, 2012c).

A palavra limite crítico é indissociável da definição de PCC, ou seja, somente se caracteriza um PCC de forma atrelada a um critério objetivamente mensurável que separa a aceitabilidade da inaceitabilidade na avaliação de desempenho da etapa, num momento de monitoramento estratégico desta etapa, no sentido de que seja possível tomar uma ação que prontamente corrija o processo, logo que se constate a transgressão do limite crítico, evitando-se que o perigo alcance o

⁵³ Os termos de HACCP foram desenvolvidos no âmbito do processamento industrial em si, como controles mensuráveis de tempo e temperatura de cozimento, por exemplo

consumidor. Não há um PCC atrelado a ação de controle no nível de fazenda que atenda todas as características necessárias para definição de um PCC, entre aqueles disponíveis no nível industrial de processamento, ou seja, os procedimentos executados nas fazendas para evitar, eliminar ou reduzir perigos a níveis aceitáveis ainda são desacoplados de um sistema de monitoramento mensurável cujo resultado pudesse ser comparado ao de um limite crítico (CERF; DONNAT, 2011).

A falta do PCC como elemento-chave do sistema HACCP indica que este não se aplica totalmente no âmbito da fazenda, mas que seus princípios são relevantes, ou seja, que a sistemática de controle hierarquizado entre etapas consecutivas pode ser utilizada para estruturação de programas de boas práticas destinados a prover certo grau de mitigação de risco, mesmo sem uma garantia incontestável de alcance mensurável de tal meta. Isto é, justifica-se atender os princípios relevantes e aplicáveis do sistema HACCP, alternativamente a todos os seus princípios, o que representa melhor estratégia de controle do que nada fazer (CERF; DONNAT, 2011).

O termo crítico, utilizado por Horchner et al. (2006) para considerar a fazenda como PCC, apesar das limitações conceituais comentadas anteriormente, clareia a relevância das medidas destinadas à evitar ou reduzir a incorporação de metais pesados. A impossibilidade de promover a referida redução *a níveis seguros* deve ser contextualizada como providência de um sistema pré-requisito baseado no HACCP, não como de um sistema HACCP propriamente dito.

Independente de qualquer disputa pela terminologia específica e da maior objetividade no uso do termo PCC, quando se tratarem dos procedimentos que efetivamente garantam os níveis seguros de uma etapa produtiva, observa-se a possibilidade de considerar 2 categorias de PCC. Os ditos PCC1 representam aqueles capazes de garantir 100% de controle, enquanto os chamados PCC2 são utilizados para fornecer controle inferior a 100%, provendo um certo nível de redução de risco, ainda que não mensurável (NOORDHUIZEN; FRANKENA, 1999).

A possibilidade de referência indistinta a PCC, independentemente de se tratar das categorias PCC1 ou PCC2 (FAO, 2012c) pode trazer confusão em vista das indústrias possuírem vários PCCs numerados sequencialmente sem a pretensão de indicar sua capacidade de controlar ou não 100% dos desvios. Especi-

almente, pode haver uma grande dificuldade com os programas de prevenção a resíduos na interface da fazenda com a indústria.

Neste aspecto a execução de procedimentos de controle em nível de campo, acompanhados de declarações de cumprimento a quesitos e checagem documental condicionante à autorização de início da industrialização dos animais pela garantia de qualidade na indústria, pode reduzir genericamente a extrapolação dos níveis máximos tolerados de compostos químicos, mas tais ações não são suficientes para GARANTIR que a redução tenha sido levada a níveis aceitáveis a todo e qualquer animal processado.

Os pontos de controle ligados a monitoria dos programas da fazenda, ao terem no máximo a condição de representar pontos críticos de controle de 2º categoria (PCC2), na verdade representam programas pré-requisito ao controle de resíduos, não devendo ser considerados como PCC para evitar as possíveis confusões associadas a expectativas de uma garantia mensurável que não podem fornecer.

De qualquer forma é tecnicamente recomendável que as propriedades rurais possuam procedimentos próprios que deem resposta à impossibilidade de reduzir níveis de metais pesados nos animais, em fase subsequente à fazenda.

Kan e Meijer (2007) enfatizam que o gerenciamento de risco pode ser fácil com a abordagem HACCP focada em evitar o uso de ingredientes contaminados na preparação de rações, embora, assinalem que a contaminação ambiental é imponderável e difícil de controlar, sendo que a checagem de metais pesados é geralmente conduzida por levantamentos ocasionais. Portanto, insuficientes para evitar a contaminação dos ingredientes com níveis superiores aos limites legais máximos dos contaminantes inorgânicos.

O foco no fazendeiro para o efeito de controle nos produtos cárneos industrializados é suportado por Ropkins e Beck (2002) ao indicarem que, na impossibilidade de controlar-se o perigo no processo produtivo como um todo, o sistema HACCP pode ser utilizado como uma ferramenta para delineamento de um programa de mitigação de riscos. Neste caso as concentrações de contaminantes ainda poderão ser compatíveis com riscos inaceitáveis o que aliado à falta de etapa no abatedouro para garantir restabelecimento de níveis seguros impede a concepção de um PCC, tornando necessário atuar preventivamente ainda na fase de criação.

Destaca-se a necessidade de implantação de programas utilizando o HACCP como guia para idealização de medidas de controle. Estas serão similares a um PCC, contudo, por não serem suficientes para garantir níveis seguros do perigo, terão o objetivo de minimizar o risco e sobretudo de gerar registros de suas atividades, sendo que estes últimos poderão ser avaliados por instituições independentes em procedimentos de auditoria/certificação.

Práticas vinculadas à contaminação por metais pesados referem-se ao sistema produtivo em geral, às pastagens/ração, abastecimento de água e medicação dos animais (Anexo B). Logo, os metais pesados podem ser devidos aos contaminantes oriundos de outras fazendas e à introdução de animais previamente expostos. Além disso, as pastagens podem ser contaminadas pela compra, recebimento e estocagem de forrageiras, com remanescentes de tratamentos químicos, tanto pela preparação destes como por seu descarte nas capineiras (HORCHNER et al., 2006).

Para fazer frente aos eventos adversos de saúde que continuam sendo registrados, mesmo na vigência de adequadas medidas de inspeção sanitária de abate, e simultaneamente aumentar a confiança dos consumidores cada vez mais informados e exigentes os programas de inocuidade alimentar devem contar com suas contrapartes de pré-requisitos nas matérias-primas da etapa de pré-industrialização, ou seja, pautando-se na implementação de programas de boas práticas de fabricação e nos baseados em HACCP para as questões aplicáveis ao contexto da fazenda, o que deve dar foco aos programas de boas práticas agrícolas (HEGGUN, 2001).

Procedimentos para seleção do tipo de alimentação e do controle da água a respeito de contaminantes inorgânicos (KHAN et al., 2008) e ainda dos critérios para compra de medicamentos e demais produtos químicos de uso na produção animal complementam as práticas que deverão ser avaliadas mediante registros de sua confiabilidade (OPAS, 2005b), no que se refere à demonstração de procedimentos suficientes para evitar a contaminação por metais pesados (BLAHA, 1999; HORCHNER et al., 2006).

Intervenções dirigidas à etapa do pré-processamento, centralmente relacionada a controles necessários, mas inalcançáveis às fases industriais ou de distribuição/consumo, são essenciais, pois no caso de contaminantes químicos, não

há processamento anterior ao consumo que seja capaz de reduzir os riscos à saúde humana (BLAHA, 1999).

Tal abordagem consta de ampliação do leque de atuação dos médicos veterinários que assessoram os produtores, que focando nos programas preventivos a resíduos químicos de uma forma geral habilita-os a expandir o serviço prestado do controle de doenças para a qualidade do produto de seus clientes, representando oportunidade para valorização da profissão ao garantir a confiabilidade no sistema de controle baseado em demonstrações auditáveis, ao mesmo tempo em que garante a competitividade da indústria nacional da carne (BLAHA, 1999; HORCHNER et al., 2006).

A constatação de que extensa avaliação de cadeia produtiva, realizada por Horchner et al. (2006) sobre a etapa de criação animal, ter identificado metais pesados como perigos relevantes, mas não ter detalhado procedimentos para seu controle, destaca a necessidade de maiores estudos para esclarecer a importância de cada contaminante na região geográfica considerada, bem como para definição de medidas de controle apropriadas. De qualquer forma, a abordagem básica fornecida por tais autores deve possibilitar a construção de listas para auditoria objetiva dos procedimentos de BPAs (NOORDHUIZEN; FRANKENA, 1999), que poderão ser integradas na rotina de fiscalização das propriedades rurais pelas autoridades de sanidade agropecuária.

Relatórios padronizados com itens específicos de procedimentos de BPAs representam maneira de avançar na mitigação dos níveis de metais pesados, em carnes, já que a distribuição destes é ambiental e cuja responsabilidade pelo controle pode não ser prontamente reconhecida pelo setor produtivo, mesmo que este se beneficie da comercialização do produto resultante.

O aprimoramento na relação institucional entre produtores e governo possibilita a autonomia do setor produtivo para implementação de programas próprios de garantia de qualidade, aí se incluindo as questões de saúde pública e dos níveis seguros de contaminantes inorgânicos (KNOWLES et al., 1991). Entretanto, pode-se esperar que alguns quesitos ainda tenham que ser definidos como política governamental regulatória, uma vez que cabe ao governo criar o ambiente científico, técnico e financeiro favorável à implementação de programas baseados

em HACCP, mesmo para os aspectos ligados à propriedade rural (FAO; WHO, 2006).

Seja utilizando os baixos níveis de metais pesados, propostos neste estudo, ou mesmo os próprios níveis de violações é coerente atrelar ações regulatórias à identificação de regiões específicas para intervenção prioritária conforme quantificações do PNCRC.

Para atuação das autoridades de sanidade agropecuária prevê-se a necessidade de se incluírem quesitos, auditáveis pela fiscalização competente, no programa oficial de boas práticas agropecuárias como aprimoramento das diretrizes estabelecidas na Portaria 36/2011 (BRASIL, 2011b), de forma a definir sua execução e possibilitar monitoramento. Isto se justifica porque, caso os animais de determinada propriedade sejam introduzidos, já com níveis elevados de metais pesados, ou mesmo que sejam contaminados por estes na própria fazenda, não há qualquer tipo de tratamento suficiente para reduzir tais níveis (HEGGUN, 2001). Desta forma, os procedimentos produtivos deverão considerar quesitos para evitar a introdução de animais contaminados no rebanho e para prevenir a contaminação na propriedade rural.

Sendo inexecutável pesquisar contaminantes inorgânicos em cada animal da propriedade rural auditada/fiscalizada caberá avaliar o cumprimento do programa de BPAs, para metais pesados como uma adaptação do previsto para os programas HACCP, o que deverá gerar registros para credenciar sua credibilidade e oferecer uma plataforma de interação de tais dados de vigilância a fatores produtivos-chave com os dados de monitoramento do PNCRC. Tudo isso, visando a uma redução progressiva na incidência de violações e nos níveis de metais pesados no interior da cadeia produtiva.

O aprimoramento do sistema atual de fiscalização considerando a interface das autoridades locais de sanidade animal nas áreas prioritariamente definidas pelos resultados do PNCRC poderia ser conseguido em 2 etapas sendo uma delas para priorizar ações de educação, o que inclusive está previsto como providências das autoridades locais e intermediárias do SUASA, conforme inciso IX do §2º e inciso V do §3º da lei nº 8171 (BRASIL, 1991).

As ações educativas podem ser favorecidas desde que contem com a participação das autoridades competentes neste âmbito e deverão considerar a implementação de medidas simples de boas práticas agrícolas (HORCHNER et al.,

2006) envolvendo as associações de produtores e conselhos de classe profissional, na definição dos passos para qualificação.

Num primeiro momento, priorizando-se as ações junto aos conselhos profissionais tendo-se em vista o reconhecimento da extensão e complexidade das informações técnicas necessárias para uma análise de perigos compreensiva (HORCHNER et al., 2006), poder-se-ia padronizar procedimentos específicos de BPAs, no contexto das condições especiais dadas aos pequenos empresários, conforme §2º do artigo 84 do Decreto nº 5741 (BRASIL, 2006c).

São pequenos, os negócios rurais ou industriais que indisponham de capacidade técnica para desenvolver sistemas efetivos de gerenciamento da inocuidade alimentar (FAO; WHO, 2006). Os pequenos negócios podem representar os principais exemplos de reduzida utilização comercial de contratos. Esta é tida como justificativa para uma mais lenta introdução de progresso técnico que caracteriza a cadeia de bovinos no Brasil, mais atrasada do que a cadeia de suínos e aves, segundo Siffert Filho e Faveret Filho (1998).

Posteriormente, com a participação das associações de produtores (FAO; WHO, 2006) haveria possibilidade de facilitar a permeabilidade das ações, já padronizadas entre os profissionais atuantes nas fazendas, e envolver o maior número possível de produtores, uma vez que a educação sanitária é considerada prioridade para inocuidade alimentar (KÄFERSTEIN; ABDUSSALAM, 1999) sendo pertinente manter convênios destas ações entre os conselhos de classe profissional e as referidas associações, no que se refere às providências complementares do setor privado, quanto à ação educativa que se insere no campo da defesa agropecuária como previsto no inciso IV do artigo 28 da lei nº 8171 (BRASIL, 1991).

Os quesitos a serem auditados/fiscalizados pelas autoridades de sanidade agropecuária nos locais de atuação prioritária, portanto, deverão considerar procedimentos capazes de promover/evitar a presença de contaminantes inorgânicos nos animais de dada fazenda.

Deve ser considerada a etapa produtiva de obtenção/preparação da alimentação animal além da origem e procedimentos de controle da água que participa desta dieta e também as garantias sobre a existência de procedimentos semelhantes na propriedade de aquisição dos animais (HORCHNER et al., 2006).

A organização de procedimentos neste formato poderá fomentar o gerenciamento técnico baseado na ciência, para controle de contaminantes pela propriedade rural, sustentando a demonstração de integridade nas ações do governo ligadas à garantia do sistema de fiscalização e possibilitando a atuação num sistema de vigilância internacional capaz de demonstrar redução na prevalência de doenças ligadas à alimentação, conforme previsto por Käferstein e Abdussalam (1999).

6.10 IMPACTO DO ESTUDO ECOLÓGICO: CHUMBO COMO EXEMPLO

Neste estudo as variáveis correlacionadas foram obtidas de dados agregados (JARGOWSKY, 2005), ou seja, a partir das médias obtidas do agrupamento das propriedades rurais de cada município. Portanto, a modificação de efeito entre as variáveis deverá ser avaliada no âmbito de dados individuais de bovinos e fatores de produção das propriedades rurais de origem o que será facilitado pela integração de *software* entre o PNCRC e de sistemas informatizados focados em fatores produtivos das fazendas.

As relações observadas neste estudo em nível agregado, para resultado ou preditor, não serão necessariamente as mesmas para as variáveis homônimas em nível individual. Do contrário assumir que isto ocorra representaria a falácia ecológica (JARGOWSKY, 2005). Entretanto, deve-se reconhecer a validade deste estudo ecológico em identificar associações que não seriam perceptíveis em nível individual para guiar hipóteses para estudos individuais sobre fatores a controlar especificamente em cada fazenda.

Essa proposta é necessária para direcionar o controle em termos populacionais principalmente porque este é o objetivo da epidemiologia rumo à redução a níveis tão baixos quanto possível ao longo do tempo, mediante o exame de fatores estruturais e sociais que afetam o comportamento dos proprietários rurais no que se refere às práticas determinantes da contaminação, por exemplo por chumbo e talvez para os metais pesados em geral, como forma de orientar as intervenções em pontos de maior eficácia (SCHWARTZ, 1994).

É possível utilizar estudos ecológicos para identificar locais de maior ocorrência de contaminação e para sugerir os fatores de risco a serem investigados em nível individual apesar das limitações de causalidade em termos de indivíduo destacando-se que tais estudos, não têm a pretensão de identificar relacionamentos causais por não possuírem o formato necessário a tanto (GREENBERG et al., 1984). Neste sentido reitera-se a credibilidade na identificação preferencial de contaminações nas regiões de Botucatu, Ipanema e Guaratinguetá.

Como exemplo da pertinência dos estudos ecológicos identificarem problemas, para motivar a realização de estudos com base em dados individuais, pode-se recomendar a região de Botucatu no que se refere a chumbo em bovinos ocasião em que poderá ser avaliada a manutenção da correlação entre suinocultura e áreas de brejo/várzea. Deverá ser esclarecido como o nível de instrução ginasial do produtor opera para prevenir tais contaminações na propriedade rural ou se este grau de educação apenas possui efeito ecológico, sendo também necessário identificar as práticas subjacentes à realização de análise de solo e como estas podem relacionar-se com a contaminação por chumbo nos bovinos.

Sobretudo, ressalta-se a relevância de atualizar a abordagem do gerenciamento de risco do PNCRC, pautada na utilização do banco de dados na prospecção de fatores produtivos a controlar. No contexto atual dos trabalhos de Gestão Estadual do PNCRC a única avaliação possível de realizar com dados já existentes constou das variáveis agregadas, uma vez que o formato dos registros ainda não possibilita cotejo direto dos resultados e propriedades de origem com as características produtivas destas últimas. Portanto, com a integração de dados ora sugerida será possível avaliar, em nível individual, a relação entre as variáveis associadas em nível agregado.

Considerando-se as limitações de estudo ecológico a observação de detecções e de não detecções de chumbo em bovinos possibilitou agregá-los em 2 grupos de municípios conforme a ocorrência destes tipos diferenciais de resultados. As características dos municípios em cada um destes grupos foram comparadas em termos de suas manifestações mínimas, intermediárias e máximas segundo a contagem de ocorrência ou da proporção do fator considerado.

A agregação de dados foi feita em torno da variável dependente *contam* sendo que a variação nas variáveis independentes *pogin*, *pocil*, *arbre*, *panso* considerou uma distribuição média destas variáveis o que é típico de um estudo eco-

lógico, ou seja, não se dispôs do registro do fator específico a cada bovino, respectivamente a seu resultado do PNCRC. Isto significa que o agrupamento dos bovinos positivos possa ser justificado por outros fatores não identificados, o que sempre é possível nestes tipos de estudo.

Por ser conceitualmente reconhecida a falha no delineamento em considerar fatores ocultos que possam justificar as contaminações, não foi feita análise de interação entre variáveis apesar da possibilidade para tal tipo de avaliação conjunta já ter sido sugerida por Morgenstern (1982). Pelo mesmo motivo tampouco se levou a cabo a análise de fatores de confusão, isto é, aqueles associados à contaminação por serem ligados a algum outro fator causal, mas sem terem caráter de causalidade em si.

Mesmo sem ter avaliado a interação dos preditores constatou-se um coeficiente de correlação de Spearman significativo entre o número de propriedades com pocilgas (pocil) e com vegetação de brejo/várzea ($r_s=19,3\%$; $p=0,039$), ou seja, há sugestão de que o aumento em uma condicione o incremento da outra. O processo de agregação dos casos, centrado na variável dependente (ser positivo ou negativo), possibilita que a associação encontrada com as variáveis medidas "em média" para o município (já que não vale para todas propriedades rurais do município) não exista no nível individual de cada bovino/cada propriedade como já comentado anteriormente. Assim, deve-se aventar as associações ecológicas como possíveis vínculos individuais a investigar neste último formato (BONITA et. al, 2010) cogitando-se a possibilidade de *arbre* modificar o efeito de *pocil* nas contaminações por chumbo, dada sua correlação ecológica, o que terá que ser confirmado em estudos em nível individual para pautar ações preventivas.

CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

01- Deve-se aceitar a hipótese de que é possível identificar fatores de risco para as detecções de resíduos e contaminantes para respaldo às medidas preventivas dirigidas mediante uso de estudos epidemiológicos realizados a partir dos dados de monitoramento do PNCRC.

02- É possível integrar bases de dados de acesso público para identificação de fatores produtivos associados às detecções de metais pesados.

03- A identificação de fatores ecológicos de risco destaca a relevância de serem estabelecidas variáveis a serem monitoradas pelos serviços de defesa agropecuária no sentido de prover um sistema de vigilância epidemiológica para resíduos e contaminantes, no âmbito do PNCRC, que tenha vínculo com a propriedade rural, ou seja, para habilitar a tomada de ações antes que as violações sejam detectadas nas indústrias de transformação dos animais em produtos.

04- Deve-se propor a inclusão de variáveis indicadoras de vulnerabilidade das propriedades rurais aos metais pesados:

4.1- Para cádmio os questionários a integrar o sistema de vigilância epidemiológica que se propõe deverão considerar registros do solo para pH, [matéria orgânica]; [argila], [zinco]; [cobre]; [salinidade] e temperatura ambiente. Deverá ser considerado o uso de fertilizantes (sim ou não), bem como o nível utilizado e as fontes.

4.2- Para chumbo os questionários deverão monitorar o uso e nível de emprego de dejetos suínos como fertilizantes de solos utilizados para pastagem na bovino-cultura. Além disso, deverão ser monitorados níveis máximos de chumbo na adubação em procedimentos vinculados a 2 tipos de estratégias: posterior à definição de limites legais máximos, de forma similar ao anexo 2 da diretiva 278/1986/UE, ou mesmo sem uma definição de níveis máximos pela legislação. Neste último caso, após a legislação definir a necessidade das Associações de Agricultura es-

tabelecerem limites máximos tecnicamente consistentes em evitar contaminação de bovinos durante o pastoreio. A partir da determinação para estabelecimento de limites definidos em cada propriedade rural será possível proceder à fiscalização oficial deste monitoramento em formato de verificação de autocontrole.

05- Para arsênio pode-se propor a geração de subprogramas exploratórios considerando 83,20 ppb como TMC, enquanto as tecnologias disponíveis não permitirem redução nas concentrações de arsênio a níveis inferiores a 10 ppb. Tais subprogramas poderão ser utilizados como forma de implantação de ações de interface entre o PNCRC e questionários de órgãos de defesa e vigilância a respeito de fatores passíveis de veicular este metal aos bovinos, após o reconhecimento destes fatores em estudos com base na propriedade rural. Neste aspecto, deve-se lembrar que os fatores de confinamento e área total com pastagem, identificados neste estudo, carecem de confirmação em nível individual das propriedades antes que possam ser utilizados para pautar o monitoramento de variáveis nas fazendas pelos serviços de vigilância e defesa sanitária animal considerados no artigo 28-A da lei 8171/1991.

06- É necessário aprimorar os sistemas informatizados de interface aos registros das fazendas, ligados a variáveis indicadoras de risco, com os dados do subprograma de monitoramento do PNCRC. Assim, antevê-se a necessidade de programas de computador para operacionalizar o sistema de vigilância epidemiológica que se propõe garantindo perfis de aporte de dados de cada fazenda por serviços de defesa agropecuária e paralelamente seu cotejo com os dados do PNCRC.

07- Justifica-se a identificação e controle de fatores produtivos condicionantes das detecções de metais pesados como adjuvante à mitigação dos determinantes de violações, especialmente para o caso de cádmio em que se constatou que as áreas de elevado grau de detecção são as que possuem elevado grau de violação. Para chumbo deverão ser realizados mais estudos que possam identificar se o motivo das áreas de elevada detecção aparecerem como fator de proteção para elevada violação consta dos níveis detectados estarem em elevação e constituí-

rem pródromos das próprias violações, ou se outras hipóteses deverão ser consideradas (Tabela 8).

08- Existe predileção para detecções de arsênio na região da Fazenda Ipanema, de cádmio na regional de Guaratinguetá e de chumbo na UTRA Botucatu destacando-se a necessidade de um sistema de vigilância epidemiológica que possa definir formas de priorização para intervenção similares às utilizadas neste estudo.

09- Apesar de haver tendência linear decrescente de violações anuais no conjunto de metais pesados, e não haver qualquer tipo de tendência para as detecções anuais de tal grupo, observam-se variados tipos de tendências mensais, nos três contaminantes estudados, para detecções em modelos lineares, quadráticos e cúbicos nas diversas unidades federativas e no Brasil como um todo. Desta forma a frequência mensal de avaliação parece ser a mais indicada para acompanhamento do histórico de ações de um sistema de vigilância epidemiológica cuja eficácia poderá ser considerada a partir do bloqueio das tendências crescentes.

10- Recomenda-se a realização de maiores estudos para avaliar o efeito das variáveis de risco dos modelos ecológicos de contaminação por arsênio, cádmio e chumbo, anteriormente à definição de ações preventivas dirigidas a cada propriedade rural. Entretanto, para as variáveis educacionais dos graus de instrução relevantes a cada modelo, é possível desde já utilizar os resultados deste estudo para recomendar o aprimoramento das ações de extensão rural ligadas ao controle de contaminantes inorgânicos. Desta forma deve-se recomendar iniciativas junto a FAO⁵⁴, ou similares, no sentido de obtenção de financiamentos e coordenação de programas de treinamento envolvendo associações de classe de produtores, indústrias e conselhos profissionais, partindo do conselho de medicina veterinária.

⁵⁴ Disseminar conhecimento para auxiliar desenvolvimento consta de mandato da FAO inseridos em sua missão de facilitar a adoção intergovernamental de padrões e desenvolvimento de códigos de prática, baseados na melhor ciência disponível e com vistas à inocuidade alimentar e proteção da biodiversidade (FAO, 2012d,e)

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, P. W.; THORNTON, I. The contamination of agricultural land in the metalliferous province of southwest England: implications to livestock. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 48, n. 2, p. 125-137, 1994.

AGRIBUSINESS. CATTLECARE. [200?]. Disponível em: <<http://Mindshop.com.au/agridata2.nsf/.../ff2edf9cb2e15bb8ca2568b60058095d?OpenDocument>>. Acesso em: 02 dez. 2012.

ALKMIN FILHO, J. F. **Ocorrência de arsênio, cádmio e chumbo em tecidos de aves, suínos, bovinos de corte e equinos no Brasil**. 2011. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ARCGIS v. 9.2. Redlands: ESRI, 2010. 1 CD-Rom.

ABIEC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES INDUSTRIALIZADAS. FORTES, G.; CANDISANI, L (Organizadores). **Raízes da pecuária: os caminhos do boi do Brasil**. São Paulo: Dórea Books and Art, 2003, 120 p.

AVEGLIANO, R. P. **Estudo de dieta total no estado de São Paulo: estimativa de ingestão dietética de elementos tóxicos (arsênio e cádmio) e essenciais (cálcio, cromo, ferro, selênio, sódio, potássio e zinco)**. 2009. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

AYRES, J. R. C. M. As equações do adoecimento. In: _____. **Sobre o risco: para compreender a epidemiologia**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2008. p. 192 - 223.

AZEEZ, J. O.; ADEKUNLE, I. O.; ATIKU, O. O.; AKANDE, K. B.; JAMIU-AZEEZ, S. O. Effect of nine years of animal waste deposition on profile distribution of heavy metals in Abeokuta, south-western Nigeria and its implication for environmental quality. **Waste Management**, [S.l.], v. 29, n. 9, p. 2582–2586, 2009.

BAI LING-YU; ZENG XI-BAI; LI LIAN-FANG; PEN CHANG; LI SHU-HUI. Effects of land use on heavy metal accumulation in soils and sources analysis. **Agricultural Sciences in China**, [S.l.], v. 9, n.11, p. 1650-1658, 2010.

BATES, M. N.; SMITH, A. H.; HOPENHAYN-RICH, C. Arsenic ingestion and internal cancers: A review. **American Journal of Epidemiology**, [S.l.], v. 135, n.5, p. 462-476, 1992.

BERNSTEIN, P. T. **Desafio aos Deuses**: a fascinante história do risco. 23. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997. 389 p.

BITTENCOURT, S. A.; CAMACHO, L. A. B.; LEAL, M. C. O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p.19-30, 2006.

BLAHA, T. H. Epidemiology and quality assurance application to food safety. **Preventive Veterinary Medicine**, [S.l.], v. 39, n. 2, p. 81-92, 1999.

BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTRÖM, T. **Epidemiologia básica**: Organização Mundial da Saúde. 2 ed. São Paulo: Editora Santos, 2010. 213 p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 15 mar. 2011.

BRASIL. Lei n.º 8080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção, recuperação da saúde, além de estabelecer a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes. Brasília, 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8080.htm>. Acesso em: 15 dez. 2012.

BRASIL. Lei n.º 8171, de 17 de janeiro de 1991. Fixa fundamentos, define objetivos, competências institucionais, prevê recursos e estabelece ações e instrumentos da política agrícola, relativamente às atividades agropecuárias, agroindustriais e de planejamento das atividades pesqueira e florestal. Brasília, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm>. Acesso em: 14 set. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Rural. Portaria n.º 20, de 06 de junho de 1997. Estabelece limites mínimos ou máximos de macro e microelementos para formulações de misturas minerais destinadas a aves, suínos e bovinos. Brasília, 1997. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 23 jun. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 42, de 22 de dezembro de 1999. Altera o Plano Nacional de Controle de Resíduos em Produtos de Origem Animal - PNCR e os Programas de Controle de Resíduos em Carne - PCRC, Mel – PCRM, Leite – PCRL e Pescado – PCRP. Brasília, 1999. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Portaria n.º 06, de 04 de fevereiro de 2000. Estabelece o limite máximo de 2000 ppm (duas mil parte por milhão) de flúor para todas as misturas minerais de pronto uso na alimentação animal. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 23 jun. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Portaria n.º 31, de 29 de janeiro de 2002. Cancela os registros de produtos à base de arsenicais e antimoniais na área de alimentos para animais e proíbe o uso de seus princípios ativos como melhorador de desempenho. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 08, de 25 de março de 2004. Proíbe a comercialização e utilização de proteínas e gorduras de origem animal em produtos destinados à uso veterinário em e na alimentação de ruminantes. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria n.º 1, de 07 de janeiro de 2005. Aprova os Programas de Controle de Resíduos em Carne, Leite e Pescado para o exercício de 2005. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria n.º 50, de 20 de fevereiro de 2006. Aprova os Programas de Controle de Resíduos em Carne (Bovina, Aves, Suína e Equina), Leite, Mel, Ovos e Pescado do exercício de 2006. Brasília, 2006a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 27, de 05 de junho de 2006. Condiciona a produção, importação e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes ao atendimentos de limites estabelecidos de metais pesados.

Brasília, 2006b. Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n.º 5741, de 30 de março de 2006. Regulamenta os arts. 27-A, 28-A e 29-A da Lei n.º 8.171, de 17 de janeiro de 1991 e organiza o Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária. Brasília, 2006c. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5741.htm>. Acesso em: 17 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 9, de 30 de março de 2007. Aprova os Programas de Controle de Resíduos e Contaminantes em Carne (Bovina, Aves, Suína e Equina), Leite, Mel, Ovos e Pescado do exercício de 2007. Brasília, 2007. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 10, de 14 de abril de 2008. Aprova os Programas de Controle de Resíduos e Contaminantes em Carnes (Bovina, Aves, Suína e Equina), Leite, Mel, Ovos e Pescado do exercício de 2008. Brasília, 2008. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa n.º 14, de 25 de maio de 2009. Aprova os Programas de Controle de Resíduos e Contaminantes em Carnes (Bovina, Aves, Suína e Equina), Leite, Mel, Ovos e Pescado para o exercício de 2009. Brasília, 2009a. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa n.º 24, de 14 de julho de 2009. Define requisitos e critérios específicos para funcionamento dos laboratórios de análises de resíduos e contaminantes em alimentos. Brasília, 2009b. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 2 out. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa n.º 8, de 29 de abril de 2010. Aprova os Programas de Controle de Resíduos e Contaminantes em Carnes (Bovina, Aves, Suína e Equina), Leite, Mel, Ovos e Pescado para o exercício de 2010. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 27 jun. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011a. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 5 out. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério do Meio Ambiente; Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria Interministerial n.º 36, de 26 de janeiro de 2011. Institui o Programa Nacional de Fomento às Boas Práticas Agropecuárias. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jan. 2011b. Seção I.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 23, de 22 de fevereiro de 2012. Revoga a Portaria SDR nº 20, de 6 de junho de 1997. Brasília, 2012a. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa n.º 11, de 22 de maio de 2012. Aprova os Programas de Controle de Resíduos e Contaminantes em Carnes (Bovina, Aves, Suína e Equina), Leite, Pescado, Mel, Ovos e Avestruz para o exercício de 2012. Brasília, 2012b. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 4 jun. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação de Fiscalização de Produtos Veterinários. Relatório de produtos com licença vigente. Brasília, 2012c. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Registros_Autorizacao/listas%20de%20produtos/licen%C3%A7asvigentes%209_03>. Acesso em: 17 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **PNCRC/ANIMAL**. Brasília, 2012d. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/qualidade-dos-alimentos/residuos-e-contaminantes>>. Acesso em: 29 nov. 2012.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. In: _____. **Cadeia produtiva da carne bovina**. Série Agronegócios, v. 8. Brasília : IICA & MAPA/SPA, 2007. 86 p.

CATTLECARE quality assurance.[200?]. Disponível em: <http://www.ausmeat.com.au/media/1645/20172-cc%20logo%20rules%20including%20vs_final.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2012.

CERF, O.; DONNAT, E. Application of hazard analysis - Critical control point (HACCP) principles to primary production: What is feasible and desirable?. **Food Control**, [S.l.], v. 22, n. 12, p. 1839-1843, 2011.

CHARY, N. S.; KAMALA, C. T.; RAJ, D. S. S. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S.l.], v. 69, n. 3, p. 513-524, 2008.

CÔRTEZ, J. A. **Epidemiologia**: conceitos e princípios fundamentais. São Paulo: Varela, 1993. 227 p.

COSTA, E. A. Conceitos e áreas de abrangência. In: Rozenfeld, S. **Fundamentos da vigilância sanitária**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 6. Reim., 2009. p. 41-47.

COVACI, A.; VOORSPOELS, S.; SCHEPENS, P.; JORENS, P.; BLUST, R.; NEELS, H. The Belgian PCB/dioxin crisis: 8 years later. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 164-170, 2008.

CROSBY, A. W. Visualização: uma introdução. In: _____. **A mensuração da realidade**: a quantificação e a sociedade ocidental 1250 – 1600. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 129-136.

DASGUPTA, S.; MEISNER, C.; WHEELER, D.; JIN, Y. Agricultural trade, development and toxic risk. **World development**, [S.l.], v. 30, n. 8, p. 1401-1412, 2002.

DE MEEÛS, C.; EDULJEE, G. H.; HUTTON, M. Assessment and management of risks arising from exposure to cadmium in fertilisers. **The Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 291, n. 1-3, p. 167-187, 2002.

DRUGOWICH, M. I.; SAVASTANO, S.; SAVASTANO, S. A. A. L. **Erosão em pastagens sob pecuária leiteira e mista no estado de São Paulo**. 2009. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/estudos_lupa/ErosaoPastagensSP.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2012.

DUBUGRAS, M. T. B.; PÉREZ-GUTIÉRREZ, E. **Perspectiva sobre a análise de risco na segurança dos alimentos**. Rio de Janeiro: OPAS/OMS, 2008, 160 p.

EPINFO 6.04d. Atlanta: Center for Disease Control and Prevention. 2009. Disponível em: <<http://wwwn.cdc.gov/epiinfo/html/prevVersion.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

ESSIEN, J. P.; ESSIEN, V.; OLAJIRE, A. A. Heavy metal burdens in patches of asphyxiated swamp areas within the Qua Iboe estuary mangrove ecosystem. **Environmental Research**, [S.l.], v. 109, n. 6, p. 690-696, 2009.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific Opinion on Arsenic in food: panel on contaminants in the food chain. **The EFSA Journal**, Parma, v. 7, n. 10, p. 1-199, 2009.

EXCEL. Redmond: Microsoft Corporation., 2010. 1 CD-Rom.

FARIA, R. M.; MARQUES, A. M.; BERUTTI, F. C. **História**, v. 1. Belo Horizonte: Editora Lê S/A, 1989. 278 p.

FAUSTO, B. **História concisa do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2006. 324 p.

FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS (and sex, drugs and rock 'n' roll)**. 2. ed. London: SAGE publications, 2005. 779 p.

(FAO). FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Guidelines for the design and implementation of national regulatory food safety assurance programme associated with the use of veterinary drugs in food producing animals**. *Codex Alimentarius* Commission Guidelines. Rome: FAO-CAC/GL, 2009, n. 71. Disponível em: <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/?no_cache=1>. Acesso em: 21 out. 2009.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Codex Alimentarius**: international food standards. Rome: FAO, 2012a. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.org>>. Acesso em: 5 out. 2012.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS **Striving for safe food and protecting biodiversity**. Rome: FAO, 2012b. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/am859e/am859e14.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2012.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS **Quality Assurance: the hazard analysis critical control point (HACCP) system**. In: _____. Assurance of seafood quality. Rome: FAO corporate repository document, 2012c. Disponível em: <www.fao.org/docrep/003/T1768E/T1768E05.htm>. Acesso em: 1 dez. 2012.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Helping to build a world without hunger: FAO's mandate & FAO's activities**. Rome. 2012d. Disponível em: <<http://www.ishs.org/partners/fao>>. Acesso em: 9 dez. 2012.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **International standards and codes**. Rome, 2012e. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/am859e/am859e14.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

FAO/WHO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food Safety Risk Analysis. An Overview and Framework Manual**. Part I. Rome: FAO, 2005. Disponível em: <http://www.fsc.go.jp/sonota/foodsafety_riskanalysis.pdf>. Acesso em: 9 out. 2012.

FAO/WHO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **FAO/WHO guidance to governments on the application of HACCP in small and/or less-developed food businesses**. Rome: FAO food and nutrition paper n. 86, 2006. 74 p.

FAO/WHO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Working Principles for Risk Analysis for Food Safety for Application by Governments**. 1 ed. Rome: FAO, 2007. 33 p.

FAO/OIE. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Guide to good farming practices for animal production food safety**. Rome: 2010. 54 p.

Disponível em:

<http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Current_Scientific_Issues/docs/pdf/eng_guide.pdf>.

Acesso em: 18 set. 2012.

FRANCO, A.; SCHUHMACHER, M.; ROCA, E.; DOMINGO, J. L. Application of cattle manure as fertilizer in pastureland: Estimating the incremental risk due to metal accumulation employing a multicompartment model. **Environment International**, [S.l.], v. 32, n. 6, p. 724–732, 2006.

FRANCO-URÍA, A.; LÓPEZ-MATEO, C.; ROCA, E.; FERNÁNDEZ-MARCOS, M. L. Source identification of heavy metals in pastureland by multivariate analysis in NW Spain. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 165, n. 1-3, p. 1008-1015, 2009.

FRAZZOLI, C.; PETRINI, C.; MANTOVANI, A. Sustainable development and next generation's health: a long-term perspective about the consequences of today's activities for food safety. **Annali dell'Istituto Superiore di Sanità**, [S.l.], v. 45, n. 1, p. 65-75, 2009.

GARCIA MARTINEZ, M.; FEARNE, A.; CASWELL, J. A.; HENSON, S. Co-regulation as a possible model for food safety governance: opportunities for public-private partnerships. **Food Policy**, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 299-314, 2007.

GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. **Nutrientes vegetais no meio ambiente**: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos. 2. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 62 p. (Documentos, v. 66). Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_66.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2012.

GONÇALVES, J. R.; MESQUITA, A. J.; GONÇALVES, R. M. Determinação de metais pesados em leite integral bovino pasteurizado no estado de Goiás. **Ciência Animal Brasileira**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 365-374, 2008.

GREENBERG, M.; BURRINGTON, M.; SMKTH, C. Guidelines and an illustration of the use of ecological data for seeking clues of excess risk. **Socio-Economic Planning Sciences**, [S.l.], v. 18, n. 4, p. 293-299, 1984.

HAYASHI, Y. Scientific basis for risk analysis of food-related substances with particular reference to health effects on children. **The Journal of Toxicological Sciences**, [S.l.], v. 34, p. 201-207, 2009. Special issue II.

HEBERER, T.; LAHRSEN-WIEDERHOLT, M.; SCHAFFT, H.; ABRAHAM, K.; PZYREMBEL, H.; HENNING, K. J.; SCHAUZU, M.; BRAEUNIG, J.; GOETZ, M.; NIEMANN, L.; GUNDERT-REMY, U.; LUCHK, A.; APPEL, B.; BANASIAK, U.; BÖL, G. F.; LAMPEN, A.; WITTKOWSKI, R.; HENSEL, A. Zero tolerances in food and animal feed—Are there any scientific alternatives? A European point of view on an international controversy. **Toxicology Letters**, [S.l.], v. 175, n. 1-3, p. 118-135, 2007.

HEGGUN, C. Trends in hygiene management: the dairy sector example. **Food Control**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 241-246, 2011.

HEINZE, G. Medical biostatistics 2: Seminar notes. Vienna: Section of Clinical Biometrics of the Core Unit for Medical Statistics and Informatics with the Medical University of Vienna, 2009. 278 p. Apostila. Disponível em: <<http://ebookbrowse.com/medical-biostatistics-2-pdf-d68466230>>. Acesso em: 03 mar. 2012.

HINTON, M. H. Infections and intoxications associated with animal feed and forage which may present a hazard to human health. **The Veterinary Journal**, [S.l.], v. 159, n. 2, p. 124–138, 2000.

HORCHNER, P. M.; BRETT, D.; GORMLEY, B.; JENSON, I.; POINTON A. M. HACCP-based approach to the derivation of an on-farm food safety program for the Australian red meat industry. **Food Control**, [S.l.], v. 17, n. 5, p. 497–510, 2006.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. Assessing the fit of the model. In: _____. **Applied logistic regression**. 2th ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 143-202.

IGREJA, A. C. M.; BLISKA, F. M. M.; FILGUEIRAS, G. C.; MARTINS, S. S.; TIRADO, G. Fator locacional na produção brasileira de carne bovina: uma análise comparada utilizando estatísticas de produção inspecionada versus produção total. **Agricultura em São Paulo**, [S.l.], v. 53, n. 1, p. 63-80, 2006.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 1970/2006**. Brasília: IBGE, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Agropecuario_2006/brasil_2006>. Acesso em: 13 out. 2012.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER OF THE WORLD HEALTH ORGANIZATION. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**. Inorganic and Organic Lead Compounds. Lyon: IARC, 2006. v. 87.

JARGOWSKY, P. A. Ecological fallacy. **Encyclopedia of Social Measurement**, [S.l.], v. 1, p. 715-722, 2005.

KÄFERSTEIN, F.; ABDUSSALAM, M. Policy and Practice: Food safety in the 21st century. **Bulletin of the World Health Organization**, [S.l.], v. 77, n. 4, p. 347-351, 1999.

KAN, C. A.; MEIJER, G. A. L. The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, [S.l.], v. 133, n. 1-2, p. 84-108, 2007.

KHAN, S. J.; ROSER, D. J.; DAVIES, C. M.; PETERS, G. M.; STUETZ R. M.; TUCKER, R.; ASHBOLT, N. J. Chemical contaminants in feedlot wastes: Concentrations, effects and attenuation. **Environment International**, [S.l.], v. 34, n. 6, p. 839-859, 2008.

KLEINBAUM, D. G.; KUPPER, L. L.; MULLER, K. E.; NIZAM, A. Logistic regression analysis. In: _____. **Applied regression analysis and other multivariable methods**. 3th ed. Pacific Grove: Duxbury Press, 1998. p. 656-686.

KNOWLES, M. E.; BELL, J. R.; NORMAN, J. A.; WATSON, D. H. Surveillance of potentially hazardous chemicals in food in the United Kingdom. **Food Additives and Contaminants**, [S.l.], v. 8, n. 5, p. 551-564, 1991.

LASKO, T. A.; BHAGWAT, J. G.; ZOU, K. H., OHNO-MACHADO, L. The use of receiver operating characteristic curves in biomedical informatics. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 38, n. 5, p. 404-415, 2005.

LATORRE, M. R. O. D. Regressão logística. In: _____. **Modelos de regressão aplicados em epidemiologia**. São Paulo: Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da USP, 2009. p. 61-77. Apostila.

LI, Y.; MCCRORY, D. F.; POWELL, J. M.; SAAM, H.; JACKSON-SMITH, D. A. Survey of Selected Heavy Metal Concentrations in Wisconsin Dairy Feeds. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v. 88, n. 8, p. 2911-2922, 2005.

LINGXIANGYU LI; ZHENLAN XU; JIANYANG WU; GUANGMING TIAN. Bioaccumulation of heavy metals in the earthworm *Eisenia fetida* in relation to bioavailable metal concentrations in pig manure. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 101, n. 10, p. 3430-3436, 2010.

LINS, E. S.; CONCEIÇÃO, E. S.; MAURÍCIO A. Q. Evolution of a residue laboratory network and the management tools for monitoring its performance. **Food Additives and Contaminants**, [S.l.], v. 29, n. 4, 490-496, 2012.

LONG, C.; WANG, Y.; ZHOU, D.; DONG, Y. Heavy metal pollution in poultry and livestock feeds and manures under intensive farming in Jiangsu Province, China. **Journal of Environmental Sciences**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 371-374, 2004.

LÓPEZ ALONSO, M.; BENEDITO, J. L.; MIRANDA, M.; CASTILLO, C.; HERNÁNDEZ, J.; SHORE, R. F. Arsenic, cadmium, lead, copper and zinc in cattle from Galicia, NW Spain. **The Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 246, n. 2-3, p. 237-248, 2000.

LUCHIARI FILHO, A. Produção de carne bovina no brasil: qualidade, quantidade ou ambas?. In: SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 2., 2006, Brasília, 10 p. Disponível em: <<http://www.upis.br/simboi/anais/produ%E7%E3o%20de%20carne%20bovina%20no%20brasil%20-%20albino%20luchiari%20filho.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2012.

MAURÍCIO, A. Q.; LINS, E. S.; ALVARENGA, M. B. A National residue control plan from the analytical perspective: the brazilian case. **Analytica Chimica Acta**, [S.l.], v. 637, n. 1-2, p. 333-336, 2009.

MAZENOTI, P. Plataforma de gestão agropecuária começa funcionar em dois meses. **Agência Brasil**, 18 abr. 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-04-18/plataforma-de-gestao-agropecuaria-comeca-funcionar-em-dois-meses>>. Acesso em: 12 out. 2012.

MERCOSUL. Resolução GMC nº 12: **Regulamento técnico Mercosul sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos**. Revoga as resoluções GMC 102/94 e 35/96. Assunção: MERCOSUL, 2011. 18 p.

MILES, S.; FREWER, L. J. Investigating specific concerns about different food hazards. **Food Quality and Preference**, [S.l], v. 12, n. 1, p. 47-61, 2001.

MIRANDA, M.; LÓPEZ-ALONSO, M.; CASTILLO, C.; HERNÁNDEZ, J.; BENEDITO, J. L. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area of northern Spain. **Environment International**, [S.l], v. 31, n. 4, p. 543-548, 2005.

MIRANDA, M.; BENEDITO, J. L.; BLANCO-PENEDO, I.; LÓPEZ-LAMAS, C.; MERINO, A.; LÓPEZ-ALONSO, M. Metal accumulation in cattle raised in a serpentine-soil area: Relationship between metal concentrations in soil, forage and animal tissues. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, [S.l], v. 23, n. 3, p. 231-238, 2009.

MORETTI, L. d.; FEIJÓ, L. D.; GUILLOUX, A. G. A.; BONNET, M.; DIAS, R. A.; TELLES, E. O. Heavy metals epidemiology in livestock. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VETERINARY EPIDEMIOLOGY AND ECONOMICS, 13., 2012a, Maastricht. **Proceedings...** Maastricht: International Society for Veterinary Epidemiology and Economics, 2012. 494 p.

Disponível em:

<<http://www.isvee13.org/attachments/article/28/book%20of%20abstracts%20ISVEE13.pdf>>.

Acesso em: 01 out. 2012.

MORETTI, L. d.; FEIJÓ, L. D.; BONNET, M.; TELLES, E. O. Contaminação por cádmio em bovinos de corte. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 40, p. 61-145, 2012b. Supplement, 2. Trabalho apresentado no I Encontro Nacional de Epidemiologia Veterinária, São Paulo. 2012. Disponível em:

<<http://www.ufrgs.br/actavet/40-suple-2/I%20ENEPI%20.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2012.

MORGENSTERN, H. Uses of ecologic analysis in epidemiologic research. **American Journal of Public Health**, [S.l], v. 72, n. 12, p. 1336-1344, 1982.

MORGENSTERN, H. Ecologic studies in epidemiology: concepts, principles, and methods. **Annual Review of Public Health**, [S.l], v.16, p. 61-81, 1995.

MUCHUWETI, M.; BIRKETT, J. W.; CHINYANGA, E.; ZVAUYA, R.; SCRIMSHAW, M. D.; LESTER, J. N. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l], v. 112, n. 1, p.41-48, 2006.

NEIVA, R. Embrapa Gado de Leite poderá liderar rede do Macroprograma 1: a proposta de criação de uma Rede Brasileira para Análise de Risco Químico em Alimentos tem parecer favorável do CGP. Juiz de Fora. 2011. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/sala/noticias/jornaldoleite.php?id=509>>. Acesso em: 01 ago. 2011.

NG, J. C.; BRUCE, S. L.; NOLLER, B. N. Laboratory and field evaluation of potential arsenic exposure from mine tailings to grazing cattle. In: *CHAPPELL, W. R.; ABERNATHY, C. O.; CALDERON, R. L.; THOMAS, D. J. Arsenic exposure and health effects V*. Amsterdam: Elsevier, 2003. p. 181-195.

NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J.; WILLIAMS J. R.; UNWIN, R. J. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. **Bio-resource Technology**, [S.l], v. 70, n. 1, p. 23-31, 1999.

NOORDHUIZEN, J. P. T. M.; FRANKENA, K. Epidemiology and quality assurance: applications at farm level. **Preventive Veterinary Medicine**, [S.l], v. 39, n. 2, p. 93-110, 1999.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. O sistema HACCP. In: _____. **HACCP: análise de perigos e pontos críticos de controle**. Buenos Aires: OPAS/INPPAZ, 2005a. v. 3 p. 13-17.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Boas práticas agrícolas. In: _____. **GMP: boas práticas de fabricação**. Buenos Aires: OPAS/INPPAZ, 2005b. v. 2, p. 13-18.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Auditoria**. Buenos Aires: OPAS/INPPAZ, 2005c. v. 2, 84 p.

ORRISS, G. D. Animal diseases of public health importance. **Emerging Infectious Diseases**, Atlanta, v. 3, n. 4, p. 497-503, 1997.

PEREIRA, J. C. R. Dependência entre medidas qualitativas: medida e significância da dependência. In: _____. **Bioestatística em outras palavras**. São Paulo: Edusp, 2010. p. 255.

PETERSEN, S. O.; SOMMER, S. G.; BÉLINE, F.; BURTON, C.; DACH, J.; DOORMAD, J. Y.; LEIP, A.; MISSELBROOK, T.; NICHOLSON, F.; POULSEN, H. D.; PROVOLO, G.; SØRENSEN, P.; VINNERÅS, B.; WEISKE, A.; BERNAL, M. P.;

BÖHM, R.; JUHÁSZ, C.; R. MIHELIC. Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. **Livestock Science**, [S.l.], v. 112, n. 3, p. 180-191, 2007.

PETRIE, A.; WATSON, P. W. **Statistics for veterinary and animal science**. London: Blackwell Science, 1999. 243 p.

PORTAL PLANALTO. **Nova plataforma de gestão agropecuária vai monitorar rebanhos de bovinos de todo o país**, imprensa, Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/imprensa/noticias-de-governo/nova-plataforma-de-gestao-agropecuaria-vai-monitorar-rebanhos-de-bovinos-de-todo-o-pais>>. Acesso em: 12 out. 2012.

REEVES, P. T. The safety assessment of chemical residues in animal-derived foods. **Australian Veterinary Journal**, [S.l.], v. 83, n. 3, p. 151-153, 2005.

REIG, M.; TOLDRA F. Veterinary drug residues in meat: Concerns and rapid methods for detection. **Meat Science**, [S.l.], v. 78, n.1-2, p. 60–67, 2008.

RODRICKS, J.; TAYLOR, M. R. Application of Risk Assessment to Food Safety Decision Making. **Regulatory toxicology and pharmacology**, Washington, v.3, n. 3, p. 275-307, 1983.

ROPKINS, K.; BECK, A. J. Application of Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) to organic chemical contaminants in food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S.l.], v. 42, n. 2, p. 123-149, 2002.

ROSOLEN, J. E. **Mapa do leite no estado de São Paulo**. 2006. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/artigos-especiais/mapa-do-leite-no-estado-de-sao-paulo-31862n.aspx#>>. Acesso em: 12 ago. 2012.

SAEGERMAN, C.; PUSSEMIER, L.; HUYGHEBAERT, A.; SCIPPO, M. L.; BERKVENS, D. On-farm contamination of animals with chemical contaminants. **Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 655-673, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

SÃO PAULO (Estado). A colônia. [200?]. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/conhecasp/historia_colonia>. Acesso em: 13 out. 2012.

SARTINI, H. J.; KHUN NETO, J.; MOURA, J. C.; CORSI, M. Confinamento. In: VAN RAIJ, B.; LOMBARDI NETO, F.; SARTINI, H. J.; KHUN NETO, J.; MOURA, J. C.; DRUGOWICH, M. I.; CORSI, M.; CASTRO, O. M.; BERTON, R. S. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**, v. 3, n. 40: Tecnologias para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo. Campinas: CATI, 2ª reimpressão, p. 101-102.

SCHWARTZ, S. The fallacy of the ecological fallacy: the potential misuse of a concept and the consequences. **American Journal of Public Health**, [S.l.], v. 84, n. 5, p. 819-824, 1994.

SIFFERT FILHO, N.; FAVERET FILHO, P. O Sistema agroindustrial de carnes: competitividade e estruturas de governança. Campinas. 1998. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Agroindustria/199812_18.html>. Acesso em 13 out. 2012.

SILVA, N. N. **Amostragem probabilística**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2004. 120 p.

SMITH, A. L.; LOPIPERO, P. A.; BATES, M. N.; STEINMAUS, C. M. Arsenic epidemiology and drinking water standards. **Science**, [S.l.], v. 296, n. 5576, p. 2145-2146, 2002.

SPIEGEL, M. R. Análise das séries temporais. In: _____. **Estatística**: coleção Schaum. Rio de Janeiro: McGraw-Hill do Brasil, 1970. p. 468-513.

SPSS STATISTICS v. 20.0.0. Armonk: IBM Corp., 2011. 1 CD-Rom.

STENGER, A. Experimental valuation of food safety: Application to sewage sludge. **Food Policy**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 211-218, 2000.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; RIBEIRO, M. C. T.; LOPES, J. B.; FERREIRA, V. P. A.; VITTI, D. M. S. S.; MOREIRA, J. A.; PENA, S. M. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S.l.], v. 57, n. 4, p. 502-509, 2005.

THORNTON, I.; ABRAHAMS, P. Soil ingestion: a major pathway of heavy metals into livestock grazing contaminated land. **The Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 28, n. 1-3, p. 287-294, 1983.

THRUSFIELD, M. **Veterinary epidemiology**. London: Butterworths, 1986. 280 p.

TIRADO, G.; COSTA, S. J.; BLISKA, F. M. M.; IGREJA, A. C. M. **Caracterização da cadeia produtiva da carne bovina no estado de São Paulo**: estrutura, evolução e dinâmica dos sistemas agroalimentares e cadeias agroindustriais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. 21 p. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/499.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2012.

UE. UNIÃO EUROPEIA. Directiva n.º 278, de 4 de julho de 1986. Relativa à proteção do ambiente, e em especial dos solos, na utilização agrícola de lamas de depuração, Bruxelas, 1986. 7 p. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31986L0278:PT:NOT>>. Acesso em: 12 ago. 2012.

UE. UNIÃO EUROPEIA. Directiva n.º 83, de 03 de novembro de 1998. Relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano, Bruxelas, 1998. 28 p.

UE. UNIÃO EUROPEIA. Directiva n.º 32, de 7 de maio de 2002. Relativa às substâncias indesejáveis nos alimentos para animais, Bruxelas, 2002. 12 p.

UE. UNIÃO EUROPEIA. Regulamento n.º 852, de 29 de abril de 2004. Relativo à higiene dos gêneros alimentícios, Bruxelas, 2004a. 54 p.

UE. UNIÃO EUROPEIA. Reports on tasks for scientific co-operation, Task 3.2.11 'Assessment of dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States', 2004b. 125 p. Disponível em: <http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop_3-2-11_heavy_metals_report_en.pdf>. Acesso em: 18 set. 2012.

UE. UNIÃO EUROPEIA. Regulamento n.º 1831, de 19 de dezembro de 2006. Estabelece níveis máximos de certos contaminantes em alimentos, Bruxelas, 2006. 33 p.
Disponível em:
<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:PT:PDF>>.
Acesso em: 23 jan. 2011.

UE. UNIÃO EUROPEIA. Regulamento n° 333, de 28 de março de 2007. Estabelece métodos de amostragem e de análise para o controlo oficial dos teores de chumbo, cádmio, mercúrio, estanho na forma inorgânica, 3-MCPD e benzo(a)pireno nos géneros alimentícios, Bruxelas, 2007. 10 p. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:088:0029:0038:PT:PDF>>. Acesso em: 29 set. 2012.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Hazard analysis and critical control point principles and application guidelines. **Journal of Food Protection**, [S.l.], v. 61, n. 9, p. 1246-1259, 1998.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. JECFA. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva; WHO; JECFA, 2000. p. 1-34. Monograph, n. 976. **WHO Food Additives Series**, 44. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec12.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Food safety program. GEMS/Foos Total Diet Studies. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON TOTAL DIET STUDIES, 2., 2002, Geneva. **Proceedings...** Geneva: WHO, 2002. 61 p. Disponível em: <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/tds_feb2002.pdf>. Acesso em: 18 set. 2012.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Summary report. In: MEETING OF THE JOINT FAO/ WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, 72., 2010, Rome. **Proceedings...** Rome: WHO, 2010a. 16 p. Disponível em: <http://www.who.int/foodsafety/chem/summary72_rev.pdf>. Acesso em: 02 out. 2012.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Summary report. In: MEETING OF THE JOINT FAO/ WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, 73., 2010,. **Proceedings...** Geneva: WHO, 2010b. 17 p. Disponível em: <<http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/summary73.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

WHO/FAO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Evaluations of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. In: REPORT OF THE JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE IN FOOD ADDITIVES, 16., 1972, Geneva. **Proceedings...** Geneva: WHO/FAO, 1972. 32 p. WHO technical report series, n. 505, FAO nutrition meetings report series, n. 51. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_505.pdf>. Acesso em: 5 out. 2012.

GLOSSÁRIO

α	Nível de significância do teste estatístico (probabilidade de erro tipo 1 de se rejeitar H_0 verdadeira)
β	Coeficiente de regressão. Na regressão logística corresponde ao $\log_e(OR)$, uma vez que $e^\beta = OR$
<i>Deviance</i>	Desvio correspondente a diferença entre os logaritmos naturais do modelo reduzido e do modelo saturado. A fórmula de cálculo da diferença é precedida pelo número 2 (Gráfico 24 - legenda), pois é considerada ao quadrado, onde o expoente transforma-se em fator multiplicativo na expressão logarítmica
Exp	Exponencial, número e, base do logaritmo natural (~2,718)
$Exp^\beta = OR$	Exponencial do beta, equivalente à OR no modelo de regressão logística
Gl (Df)	Graus de liberdade (<i>degrees of freedom</i>)
IC95% (95% CI)	Intervalo de 95% de confiança (95% <i>confidence interval</i>)
KS-z	Estatística z do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov
LI	Limite Inferior do intervalo de confiança 95%
LS	Limite Superior do intervalo de confiança 95%
Ln (ln) ou $\log_e$	Logaritmo natural ou logaritmo na base e
Pseudo r^2	Pseudocoefficiente de determinação utilizado como um dos indicadores de ajuste do modelo de regressão logística
Res_{aj}	Resíduo padronizado ajustado da tabela de contingência
S.E (EP; EPM)	<i>Standard error</i> (erro padrão; erro padrão da média)
Sig.	Significância, saída do SPSS para demonstrar que o valor de p é significativo, quando $<0,05$
Var	Variância
Wald	Estatística de Wald da regressão logística

APÊNDICES

Apêndice A – Variáveis independentes por abreviatura, bloco agropecuário e descrição de significado		
(continua)		
variável	bloco	descrição da variável
acre	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem açude ou represa
araco	benfeitorias e instalações	Número de UPAs com arado comum
araes	benfeitorias e instalações	Número de UPAs com arado escarificador
arasu	benfeitorias e instalações	Número de UPAs com arado subsolador
arbra	área cultivada	Número de UPAs que possuem braquiária
arbre	ocupação do solo	Número de UPAs vegetação de brejo e várzea
arcol	área cultivada	Número de UPAs que possuem colônio
arcom	ocupação do solo	Número de UPAs com área complementar
ardes	ocupação do solo	Número de UPAs com área em descanso
arele	área cultivada	Número de UPAs que possuem capim elefante
arflo	ocupação do solo	Número de UPAs com reflorestamento
armga	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem armazém para grãos ensacados
arpas	ocupação do solo	Número de UPAs com pastagem
arven	ocupação do solo	Número de UPAs vegetação natural
batec	benfeitorias e instalações	Número de UPAs com bateadeira de cereais
bovco	exploração animal	nº total de cabeças para bovinocultura de corte
bovle	exploração animal	nº total de cabeças para bovinocultura leite
bovmi	exploração animal	nº total de cabeças para bovinocultura mista
catot	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem casa de moradia
confi	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam confinamento de bovinos
culpe	ocupação do solo	Número de UPAs com cultura perene
culte	ocupação do solo	Número de UPAs com cultura temporária
cuman	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem curral/mangueira
distc	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem distribuidor de calcário
estbo	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem estábulo
extmi	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que realizam extração mineral

(continuação)		
fador	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que fazem adubação orgânica, quando necessário
fadso	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que fazem adubação mineral, quando necessário
faduv	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que fazem adubação verde, quando necessário
farao	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem fábrica de ração
farin	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem fábrica de farinha
finst	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs cujo proprietário completou curso superior
ginst	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs cujo proprietário completou o 1º grau (ou antigo ginásio)
irrac	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem conjunto de irrigação convencional
irrap	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem conjunto de irrigação autopropelido
irrga	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem conjunto de irrigação gotejamento/microaspersão
irrpc	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem conjunto de irrigação pivot central
miner	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam mineralização do rebanho
mistr	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem misturador de ração
morha	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem casa de moradia habitada
narac	benfeitorias e instalações	Número total de arados comuns
narbv	ocupação do solo	Área total com vegetação de brejo e várzea (hectares)
narco	ocupação do solo	Área complementar total (hectares)
narde	ocupação do solo	Área total de descanso (hectares)
nares	benfeitorias e instalações	Número total de arados escarificadores
narfo	ocupação do solo	Área total com reflorestamento (hectares)
narpa	ocupação do solo	Área total com pastagem (hectares)
narsu	benfeitorias e instalações	Número total de arados subsoladores
nautp	benfeitorias e instalações	Total de equipamentos à base do conjunto autopropelido de irrigação
nculp	ocupação do solo	Área total com cultura perene (hectares)
ncult	ocupação do solo	Área total com cultura temporária (hectares)

(continuação)		
ninst	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs cujo proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta
nuare	benfeitorias e instalações	Número total de açudes ou represas (unidades)
nuarg	benfeitorias e instalações	Capacidade total de armazenamento (sacas)
nuarv	ocupação do solo	Área total com vegetação natural (hectares)
nuast	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que não utilizam assistência técnica
nubac	benfeitorias e instalações	Número total de bateadeiras de cereais
nucal	benfeitorias e instalações	Número total de distribuidores de calcário
nucgo	benfeitorias e instalações	Total de equipamentos à base do conjunto de irrigação por gotejamento/microaspersão
nucma	benfeitorias e instalações	Número total de currais ou magueiras
nucto	benfeitorias e instalações	Número total de casas de moradia
nuest	benfeitorias e instalações	Número total de estábulos
nufaf	benfeitorias e instalações	Número total de fábricas de farinha
nufao	benfeitorias e instalações	Número total de fábricas de ração
nuirc	benfeitorias e instalações	Total de equipamentos à base do conjunto convencional de irrigação
nular	benfeitorias e instalações	Número total de olarias
numab	benfeitorias e instalações	Número total de casas de moradia habitada
numis	benfeitorias e instalações	Número total de misturadores de ração
nupar	benfeitorias e instalações	Número total de poços semiartesianos
nupiv	benfeitorias e instalações	Total de equipamentos à base do conjunto de irrigação por pivot central
nupoc	benfeitorias e instalações	Número total de pocilgas
nupte	benfeitorias e instalações	Número total de tratores de esteira
nutne	benfeitorias e instalações	Número total de tratores de pneus
olari	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem olaria

(continuação)		
pador	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que fazem adubação orgânica, quando necessário
padso	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que fazem adubação mineral, quando necessário
paduv	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que fazem adubação verde, quando necessário
pagop	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam assistência técnica tanto governamental quanto privada
panso	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário
pecos	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam práticas de conservação de solo, quando necessário
pejur	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs cadastradas como Pessoa Jurídica
pinst	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs cujo proprietário completou o antigo curso primário
pobra	área cultivada	Área total com braquiária (hectares)
pocil	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem pocilga
pocol	área cultivada	Área total com colônia (hectares)
pocon	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam confinamento de bovinos
poext	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que realizam extração mineral
pofac	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs cujo proprietário completou curso superior
pogin	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 1º grau (ou antigo ginásio)
pomin	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam mineralização do rebanho
ponin	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs cujo proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta
popin	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs cujo proprietário completou o antigo curso primário
porju	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs cadastradas como Pessoa Jurídica
posar	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem poço semiartesiano
posec	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs cujo proprietário completou o 2º grau (ou antigo colegial)
pover	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam vermifugação do rebanho
prele	área cultivada	Área total com capim elefante (hectares)
presu	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs com proprietário residente

(conclusão)		
puago	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam somente assistência técnica governamental
puapr	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam somente assistência técnica privada
puast	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que não utilizam assistência técnica
pumfi	indicadores socio-econômicos	Percentual de UPAs que utilizam mudas fiscalizadas
ranso	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que realizam análise de solo, quando necessário
resup	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs cujo proprietário reside na própria UPA
sinst	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs cujo proprietário completou o 2º grau (ou antigo colegial)
suago	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam somente assistência técnica governamental
suapr	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam somente assistência técnica privada
trate	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem trator de esteira
tratp	benfeitorias e instalações	Número de UPAs que possuem trator de pneus
uagop	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam assistência técnica tanto governamental quanto privada
umufi	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam mudas fiscalizadas
upboc	exploração animal	nº de UPAs com bovinocultura de corte
upbol	exploração animal	nº de UPAs com bovinocultura de leite
upbom	exploração animal	nº de UPAs com bovinocultura mista
upcos	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam práticas de conservação de solo, quando necessário
vermf	indicadores socio-econômicos	Número de UPAs que utilizam vermifugação do rebanho

Apêndice B – Utilização de pontos de corte para definição de categorias em variáveis quantitativas. Exemplo das variáveis utilizadas na modelagem das contaminações por chumbo no cálculo do efeito de risco entre as categorias das variáveis independentes

Pocil expressa em tercís de ocorrência (Npocil)

O modelo completo é composto por Npogin, Narbre, Npanso, além de Npocil.

Como o percentil 33,33 (1º tercíl) da distribuição de valores para a variável pocil é 19 e o percentil 66,66 (2º tercíl) é 56,67 (dados não demonstrados⁵⁵) há indicação, neste modelo ajustado para as outras variáveis citadas, de que os municípios que possuem entre 19 e 56,67 pocilgas nas UPAs (cobertura intermediária de pocilgas) tenham aumento de cerca de 32,4 vezes na chance de contaminações por chumbo em relação aos municípios de até 19 pocilgas (baixa cobertura de pocilgas). O referido aumento foi constatado ao comparar a mudança na ocorrência da categoria *contam*=0 para *contam*=1, quando se variou de municípios da categoria baixa “cobertura porcentual de pocilgas” para categoria intermediária de cobertura [coeficiente Npocil(1) - Quadro 15] mantendo-se constantes as demais variáveis, ou seja, controlando-se por presença de vegetação de brejo e várzea (Narbre), realização de análise de solo (Npanso) e nível de educação ginasial dos proprietários rurais (Npogin).

Como se observa do quadro 15 o aumento adicional na cobertura municipal por pocilgas nas propriedades incrementou ainda mais o risco de contaminações por chumbo em bovinos, uma vez que a mudança na ocorrência da categoria *con-*

⁵⁵ Medidas de posição para o banco de dados brutos do projeto LUPA 07/08 (SÃO PAULO, 2008)

tam=0 para *contam=1* aumentou 40,0 vezes, quando se alterou da categoria de municípios com baixa cobertura de pocilgas nas UPAs (1º tercil de pocil – municípios possuindo de 1 a 19 pocilgas) para a categoria de municípios com elevada cobertura, ou seja, para municípios que possuem de 56,67 a 555 pocilgas (tercil 3 de pocil), conforme comentários anteriores a respeito dos pontos de corte para as categorias em tercís.

Arbre expressa em tercís de ocorrência (Narbre)

Narbre consta da categorização da variável arbre em tercís de ocorrência, referentes ao número de UPAs com vegetação de brejo e várzea, entre os municípios do estado de São Paulo.

Como o 1º tercil é 32,00 e o 2º tercil é 186,00, observa-se que 33,33% dos valores são inferiores a 32 (terço de menores valores), ao passo que 66,66% dos valores são menores do que 186 (os valores intermediários ficam entre 32 e 186). Constata-se ainda que 33,33% dos valores são maiores que 186 (terço de maiores valores).

Essa distribuição de categorias para nº de UPAs permite comparar os municípios em termos destes conterem vegetação de brejo e várzea em suas propriedades rurais variando entre níveis baixos, intermediários e altos.

Para Narbre a categoria de referência, a partir da qual é medido o efeito da mudança dos níveis de *contam=0* para *contam=1*, consta do tercil de menores valores. Quando se passa dos municípios com baixo nº de UPAs apresentando

vegetação de brejo e várzea (municípios com 1 a 32 propriedades com brejo/várzea) para os de nível intermediário deste tipo de vegetação (32 a 186 UPAs – vide legenda do Quadro 15) constata-se aumento de 6,6 vezes nas chances de contaminação por chumbo [$OR_{Narbre(1)}=6,6$] sem efeito observável para a comparação entre os municípios de elevadas e baixas coberturas de arbore, uma vez que a $OR_{Narbre(2)}$ não foi significativa no nível de 5%.

Panso expressa em tercis de ocorrência (N_{panso})

A variável N_{panso} representa a categorização em tercis da porcentagem das UPAs que utilizam análise de solo entre os municípios do estado de São Paulo. O 1º tercil é definido pelo valor 26,00 e o 2º tercil por 46,2, ou seja, constata-se que 33,33% dos valores de panso são inferiores a 26,00 (os menores valores) e 66,66% dos valores são inferiores a 46,2 (valores intermediários - entre 26 e 46,2), enquanto 33,33% dos valores são superiores a 46,2 (os maiores valores). A categoria composta pelos menores valores de panso foi utilizada como referência a partir do qual se mediram os efeitos da alteração da categoria 0 para 1 de *contam.*

Ao passar-se dos municípios com menor % de UPAs (utilizando análise de solo para) os com % intermediária constatou-se aumento de 7,9 vezes nas chances de ocorrência de contaminação por chumbo [$OR_{N_{panso}(1)} = 7,863$] no modelo ajustado por N_{pogin} , N_{pocil} , $Narbre$. Não são claros os motivos de aumento de risco relacionado à realização de análises de solo.

Pogin expressa em tercis de ocorrência (Npogin)

Npogin representa os tercis do porcentual de UPAs cujo proprietário completou o ginásio (pogin), obtidos dos municípios em que se localizam as propriedades rurais. A categoria de referência para Npogin, ao contrário das demais variáveis, foi definida para o terço de maiores valores.

Como o percentil 33,33 (1º tercil: menores valores) é 10,99 e o percentil 66,66 (2º tercil) é 13,80 observa-se que 33,33% dos valores de pogin são menores que 10,99 ao passo que 66,66% dos valores desta variável são inferiores a 13,80 (valores intermediários estão entre 10,99 e 13,80), ao mesmo tempo em que 33,99% dos valores (os maiores valores de pogin) são maiores que 13,80.

A categoria composta pelos valores maiores do que 13,80 foi utilizada como referência a partir da qual os efeitos da mudança dos níveis de *contam*=0 para *contam*=1 foram medidos. No modelo com as demais variáveis mantidas constantes isso significa aumento de 15,2 vezes nas chances de contaminação por chumbo, quando se passa dos municípios de elevada cobertura de educação ginásio nas UPAs ($pogin > 13,80$) para municípios de baixa cobertura ($OR_{Npogin(1)} = 15,2$).

Quando se passou de municípios com $pogin > 13,80$ (terço de valores mais altos - vide Quadro 15) para municípios do terço intermediário de valores percentuais de UPAs de proprietários com ginásio completo ($11,0 < pogin < 13,79$) constatou-se aumento de 14,6 vezes nas chances de ocorrer contaminação por chumbo ($OR_{Npogin(2)} = 14,597$).

Este formato de utilização dos pontos de corte de tercís também foi usado para consideração das categorias da variável independente, quando a comparação foi feita pela mediana. Evidentemente, isso foi feito para outros modelos que não o de chumbo ora apresentado como exemplo da categorização, uma vez que neste somente foram utilizados tercís para definição das variáveis independentes categóricas. As faixas das variáveis constam dos quadros 13, 15 e 17 que apontam os modelos de regressão logística múltipla, respectivamente para as detecções de arsênio e as contaminações por chumbo e cádmio.

Apêndice C - Limites de quantificação (LQ) e teores máximos de contaminantes (TMC) selecionados entre 2005 e 2012 conforme legislação específica do PNCRC

Metal	Matriz	Método* 2005 ^a		2006 ^b		2007 ^c		2008 ^e		2009 ^f		2010 ^g		2011 ^h		2012 ⁱ	
		LQ (ppb)	LMR (ppb)	LQ (ppb)	LMR (ppb)	LQ (ppb)	LMR (ppb)	LQ (ppb)	LMR (ppb)	LQ (ppb)	LMR (ppb)	LQ (ppb)	LMR (ppb)	LQ (ppb)	LMR (ppb)	LQ (ppb)	LMR (ppb)
As	M	10	-	10	NE	-	-	-	-	*	-	g	-	*	-	*	-
	F	10	1000	10	1000	d	d	d	d	*	d	g	d	*	d	*	d
	R	10	1000	10	1000	10	1000	30	1000	*	1000	g	1000	*	1000	*	1000
Cd	M	50	-	50	100	-	-	-	-	*	-	g	-	*	-	*	-
	F	100	500	100	500	d	d	d	d	*	d	g	d	*	d	*	d
	R	100	1000	100	1000	100	1000	100	1000	*	1000	g	1000	*	1000	*	1000
Pb	M	NE	100	NE	100	d	d	d	d	*	d	g	d	*	d	*	d
	F	200	500	200	500	d	d	d	d	*	d	g	d	*	d	*	d
	R	200	500	200	500	200	500	150	500	*	500	g	500	*	500	*	500

*Os métodos de análise constam da Espectrofotometria de absorção atômica - EAA (geração de hidreto) para As e EAA (forno de grafite) para Cd e Pb.

Tais métodos foram referidos nas publicações do MAPA sobre as regras anuais do PNCRC até 2008. A partir de 2009 (item V - anexo 1 da IN 14/09) as regras anuais passam a vincular os LQs e métodos de análise à divulgação da internet, no site www.agricultura.gov.br, a respeito do escopo dos laboratórios credenciados. O papel de referência dos LANAGROs permitiu que estes adotassem outra gama/ordem de metodologias¹, apresentando-se EAA (chama) para Cd e Pb em rim, EAA (geração de hidretos) para As em músculo ou rim, espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) para Cd, Pb, As em músculo, rim ou mel. Em 2012, os LQs e metodologias passam a remeter às legislações específicas sobre quesitos específicos de processamento de amostras, proficiência e demais itens condicionantes da obtenção e manutenção do credenciamento dos laboratórios externos ao MAPA, citando-se a IN 01/2007, a IN 24/2009 e a IN 34/2011

Obs: NE ou "-" referem-se a parâmetro não estabelecido, tendo-se aqui preservado a expressão originalmente usada na publicação de origem, respectiva a cada caso

a. Quadro 4 - Anexo 1 - Portaria 1/2005

b. Quadro 4 - Portaria 50/2006

c. Anexo - Quadro 3 - IN 09/2007

d. A partir de 2007 são previstas análises exclusivamente em rim para as, cd, pb na espécie bovina

e. Anexo - Quadro 3 - IN 10/2008

f. Anexo 1 - IN 14/2009

g. Anexo 3 - IN 08/2010

h. Quadro 3 do anexo 1 - IN 24/2011

i. Quadro 4 do anexo 1 - IN 11/2012

1. Análise de resíduos e contaminantes em alimentos. Disponível em:

<[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Laborat%C3%B3rios/RCA/An%C3%A1lise%20de%20Res%C3%ADduos%20e%20Contaminantes%20em%20Alimentos\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Laborat%C3%B3rios/RCA/An%C3%A1lise%20de%20Res%C3%ADduos%20e%20Contaminantes%20em%20Alimentos(1).pdf)>. Acesso em: 17 set. 2011.

Apêndice D – Consulta encaminhada a pesquisadores da área de contaminantes inorgânicos, identificados em pesquisa à internet (site google)

Prezado pesquisador,

Meu nome é Leandro d’Arc Moretti. Sou Médico Veterinário e Fiscal Federal Agropecuário do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo responsável pelo Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) nos estabelecimentos sob inspeção federal no estado de São Paulo.

Atualmente estou construindo, juntamente com o laboratório de epidemiologia e bioestatística da FMVZ/USP, modelos matemáticos para identificação de fatores de risco para metais pesados, como maneira de validar um formato de avaliação dos resultados no PNCRC e recomendar medidas cientificamente embasadas para atualizar as políticas de defesa agropecuária.

Os metais pesados foram escolhidos dentre um conjunto de mais de 200 analitos atualmente monitorados pelo plano nacional, em vista de sua ampla distribuição, o que faz com sejam detectados com frequência, mesmo que na maioria das vezes em níveis considerados seguros para o consumidor dos produtos de origem animal em que o monitoramento é realizado. Desta forma, selecionou-se o problema “metais pesados” para que a massa de dados pudesse auxiliar na construção do procedimento de vinculação entre os dados primários do PNCRC e bancos de dados secundários gerados por instituições públicas independentes ao Ministério da Agricultura.

A motivação para estudo dos metais pesados deve-se à constatação de dificuldade em se evitar recorrências nas eventuais detecção/violações que se encontram e na vinculação dos metais pesados com seu efeito cumulativo de impacto na saúde da população que está envelhecendo em várias partes do mundo, lembrando que o Brasil é um dos maiores fornecedores mundiais de produtos de origem animal.

Os metais pesados do estudo foram detectados em carne bovina pelo PNCRC em amostras de tecidos colhidas durante o abate em frigoríficos fiscalizados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF).

O banco de dados da Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo foi utilizado para identificar os fatores de produção que pudessem ser considerados “de risco” para a contaminação dos bovinos por metais pesados.

Estão sendo utilizados modelos de regressão logística múltipla considerando a detecção de metais pesados pelo PNCRC como variável dependente dicotômica e os fatores de produção, categorizados em tercís de ocorrência (em alguns casos como mediana), como variáveis independentes num estudo ecológico com cada município de São Paulo como unidade de análise.

Como a principal intenção do trabalho é implantar rotina de avaliação dos dados anuais do PNCR com demonstração de fatores de risco a controlar, no contexto dos trabalhos das Gestões Estaduais e Nacional do PNCRC, a seleção do tipo de abordagem levou em conta o perfil de trabalho possível para estas Gestões. Assim, não se optou por gerar dados, mas sim em utilizar os dados que já são gerados para outras finalidades, adaptando-os ao formato de estudo epidemiológico. Esta estratégia permitiu operacionalizar o estudo para as análises de regressão logística, o que se pretendia em vista do perfil de trabalho mencionado. Entretanto, neste momento é necessário esclarecer quais dos fatores identificados possuem melhor plausibilidade para explicar a contaminação ambiental por metais pesados, medida como detecção, em bovinos, de níveis superiores ao limite de quantificação pelos laboratórios da rede oficial do Ministério da Agricultura.

Na sequência serão consideradas as listas de fatores associados à contaminação por cádmio, depois por chumbo e então por arsênio.

Dos fatores associados com a contaminação por cádmio, há 2 listas abaixo, uma para cada tipo de formato de categorização das variáveis independentes (*em mediana ou em tercís de ocorrência*), considerando que a sigla de cada variável está “entre parênteses”:

Como tercís:

- 01- Realização de irrigação autopropelida (irrap) e (nautp);
- 02- Realização de confinamento de bovinos (pocon);
- 03- Utilização de assistência técnica governamental ou privada (pagop);
- 04- Realização de irrigação autopropelida (irrap) e (nautp);
- 05- Presença de moradia habitada (morha);
- 06- Presença de poço artesiano (nupar);
- 07- Área total com pastagem (narpa);
- 08- Área total com capim elefante (prele);
- 09- Realização de conservação de solo (pecos);
- 10- Área total com vegetação natural (nuarv);
- 11- Realização de análise do solo (panso);
- 12- Proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta (ninst) e (ponin);
- 13- Presença de olarias (olari) e (nular);
- 14- Área total com cultura perene (nculp);
- 15- Presença de propriedades com distribuidor de calcário (distc);
- 16- Presença de proprietário residente (resup);
- 17- Realização de adubação mineral (padso);

Como mediana:

- 01- Área total com cultura temporária (ncult);
- 02- Área total com vegetação natural (nuarv);
- 03- Presença de açude ou represa (acre);
- 04- Presença de área em descanso (ardes);
- 05- Presença de extração mineral na propriedade (poext) e (extmi);
- 06- Total de equipamentos à base do conjunto de irrigação por pivot central (nupiv);
- 07- Realizam de análise do solo (ranso);
- 08- Capacidade total de armazenamento em sacas (nuarg);
- 09- Realização de irrigação autopropelida (irrap) e (nautp);
- 10- Realização de irrigação convencional (irrac);
- 11- Presença de proprietário residente (presu);
- 12- Realização de confinamento de bovinos (pocon) e (confi);
- 13- Proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta (ninst) e (ponin);
- 14- Realização de análise do solo (panso);

Dos fatores associados com a contaminação por chumbo, tem-se a seguinte lista considerando que a sigla de cada variável está “entre parênteses” (no modelo de regressão logística para chumbo as variáveis independentes foram categorizadas apenas em tercís):

- 01- Área total com vegetação natural (nuarv);
- 02- Presença de distribuidor de calcário (distc) e (nucal);
- 03- Presença de bateeira de cereais (batec) e (nubac);
- 04- Realização de confinamento de bovinos (pocon);
- 05- Proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta – (ninst);
- 06- Realização de análise do solo (panso);
- 07- Presença de vegetação de brejo e várzea (arbre);

- 08- Presença de pocilga (pocil) e (nupoc);
- 09- Utilização de análise de solo (ranso);
- 10- Utilização de adubação orgânica, (fador);
- 11- Proprietário completou o 1º grau ou antigo ginasial (pogin);

Dos fatores associados com a contaminação por arsênio, há 2 listas abaixo, uma para cada tipo de formato de categorização das variáveis independentes (*em mediana ou em tercis de ocorrência*), considerando que a sigla de cada variável está “entre parênteses”:

Número de UPAs que possuem braquiária - **arbra**;

Como tercis:

- 01- Presença de pastagem (arpas);
- 02- Presença de misturadores de ração (numis);
- 03- Presença de estábulo nas propriedades (estbo);
- 04- Presença de poço semi-artesiano (posar);
- 05- Utilização de conservação de solo (upcos);
- 06- Utilização de mudas fiscalizadas (umufi);
- 07- Proprietário completou ginasial(pogin);
- 08- Proprietário completou colegial (posec);
- 09- Propriedades cadastradas como pessoa jurídica (pejur) e (porju);
- 10- Presença de braquiária (arbra);
- 11- Realização de confinamento de bovinos (pocon) e (confi);
- 12- Utilização de assistência técnica somente privada (puapr);
- 13- Área total com pastagem (narpa);
- 14- Proprietário não tem instrução ou possui instrução incompleta (ninst);
- 15- Presença de proprietário residente (resup);
- 16- Realização de adubação mineral (padso);

Como mediana:

- 017-Área total com pastagem (narpa);

O presente contato presta-se a solicitar seus esclarecimentos sobre quais fatores dentre os elencados nas listas acima poderiam estar vinculados com a contaminação por cádmio, chumbo e arsênio, tendo-se em vista sua experiência como especialista sobre as fontes e distribuição ambiental destes contaminantes inorgânicos. Observa-se que este contato é informal, tendo-se em vista a condução deste estudo de forma paralela aos trabalhos do Ministério da Agricultura, dado que figura trabalho de doutoramento. Esta abordagem foi considerada como a melhor forma de geração de proposta tecnicamente consistente para utilização de dados rotineiros do PNCRC e de instituições públicas para atualização na plataforma de gerenciamento do risco químico em alimentos de origem animal no Brasil.

Este contato poderá ser formalizado por via oficial com encaminhamento de ofício timbrado da Universidade de São Paulo. Caso isto seja necessário solicito ser informado em resposta ao presente e-mail.

Portanto, desde já agradeço a atenção e aguardo a resposta com a identificação dos fatores de risco, caso isso seja possível.

Apêndice E – Consulta encaminhada à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) da Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo

Bom dia.

Sou Fiscal Federal Agropecuário do Ministério da Agricultura, responsável pelo Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) nos estabelecimentos sob inspeção federal no estado de São Paulo. Atualmente estou construindo, juntamente com o laboratório de epidemiologia e bioestatística da FMVZ/USP, modelos matemáticos para identificação de fatores de risco para metais pesados. Estes são detectados em carne bovina pelo Plano Nacional de Controle de Resíduos (PNCR) em amostras de tecidos colhidas durante o abate em frigoríficos fiscalizados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF).

Estou utilizando os dados do projeto LUPA 2007-2008 para identificar fatores de risco da criação animal como forma de propor medidas preventivas a utilizar no contexto de boas práticas agropecuárias. Entretanto, neste momento é necessário esclarecer alguns tópicos para direcionar a plausibilidade biológica dos modelos e para isso é necessário responder questões sobre a forma de colheita dos dados do LUPA:

01- O que significa área com reflorestamento?

01.1- Há algum tipo de padrão para isto ou simplesmente significa que existem árvores plantadas nativas ou não?

01.2- É feito algum tipo de adubação para reflorestar?

01.3- As plantas utilizadas para reflorestamento são do próprio estado de São Paulo ou também podem ser trazidas de outros lugares?

01.4- Existe um catálogo das espécies das plantas utilizadas como reflorestamento? Se sim, vocês poderiam me fornecer?

02- O que significa adubação verde, no que se refere à identificação dos adubos utilizados ou das espécies das plantas (verde!) utilizadas como adubação?

03- Quais são as técnicas utilizadas para conservação do solo?

04- Conservação do solo no contexto da colheita de dados do LUPA refere-se a técnicas como calagem ou somente a outros tipos? Solicito listar as técnicas utilizadas conservação do solo pelos proprietários das UPAs;

05- Quais os insumos utilizados no contexto do registro “faz adubação mineral, quando necessário”?

05.1- Os minerais utilizados são obtidos de fabricantes comerciais ou podem ser obtidos por trituração de rochas ou ainda por resíduos de abatedouros?

05.2- Quais são as rochas utilizadas ou os tipos de resíduos animais, neste caso?

06- Existe alguma particularidade quanto às propriedades que utilizam irrigação com pivot central? Por exemplo, devem ser grandes propriedades. Mas além disso, possuem alguma forma distinta de fonte de água, utilização de nutrientes na água de aspersão, ou outra coisa que torne este tipo de irrigação também qualitativamente distinta das outras que não a utilizem?

07- Quais foram as definições de poço artesiano e semi-artesiano utilizadas para registrar o nº de UPAs que possuem cada tipo?

Desde já saúdo a CATI pela realização do projeto LUPA que por meio deste trabalho possibilitará a geração de trabalhos epidemiológicos como modelo de controle de resíduos e contaminantes e de relevância para o controle de metais pesados neste caso específico.

Portanto, aguardo o contato em resposta ao presente com os esclarecimentos possíveis para os questionamentos acima.

Prezado Leandro

Bom dia

Com relação aos contaminantes inorgânicos não é uma questão simples e fácil de saber sua origem pois diversos fatores podem estar correlacionados com a presença destes contaminantes.

Não me sinto confortável em assinalar na sua lista os fatores que possam explicar a origem da contaminação e tentei elencar para os contaminantes As, Cd e Pb as principais fontes destes contaminantes que me recordo e espero que com isso você consiga avaliar na sua lista quais são os fatores identificados que possuem a melhor explicação para a contaminação ambiental destes elementos:

CÁDMIO

- FONTE DE OCORRÊNCIA NATURAL: rochas sedimentares e fosfáticas; atividade vulcânica.

- FONTES ANTROPOGÊNICAS:

- Mineração; baterias de Ni-Cd, pigmentos, revestimento de produtos ferrosos, componentes eletrônicos, aditivos em plástico (PVC), ligas de metais, emissões de indústrias de ferro e aço, combustíveis fósseis (carvão, óleo, etc), cimento, fertilizantes fosfatados.

- Solos e águas próximos a áreas de mineração.

- LIXO URBANO: - pode conter Cd de várias fontes.

Pode ocorrer contaminação por transporte ambiental (ar), na forma de material particulado.

Intemperismo, erosão do solo ou rochas, descarga de operação industrial, vazamento em aterros, uso de lodos de esgoto e fertilizantes. Mobilidade do Cd em suas formas solúveis através da água.

O Cd pode ser bioacumulado nas plantas por contaminação do solo.

CHUMBO, fontes:

TRANSPORTE AMBIENTAL - AR

- Forma particulada – partículas lançadas no ar podem se depositar em áreas próximas.

- Pb se concentra em áreas de alta densidade populacional, ou próximo a fundição de metais e refinarias.

- Concentração de Pb em poeira – significativa exposição ao metal .

TRANSPORTE AMBIENTAL – ÁGUA E SEDIMENTO

- Pb deposita na água (lagos, rios e oceanos) proveniente de atmosfera ou lixiviação do solo, fontes naturais ou antropogênicas.

- Águas superficiais: Pb pode se complexar com compostos orgânicos naturais (ácidos húmicos), ou compostos de origem antropogênica.

Minérios, sendo a galena o principal contendo Pb. Emissões vulcânicas, intemperismo geoquímico.

Pode ser considerado fontes deste contaminantes alguns tipos de soldas, os revestimentos da indústria automotiva, baterias, ligas, tintas, pigmentos, inseticidas. Indústria de ferro e aço.

Contaminação de plantas pode ser de origem do solo, ar ou água.

Arsênio, fontes:

Indústria eletrônica, metalúrgica

Fabricação, preparação de tintas, lacas (gás arsina), inseticidas, parasiticidas e raticidas

Preparação e conservação de peles e plumas

Conservação de madeira

Agentes para produção de vidro, ligas de chumbo

Indústria de Medicamentos

Semicondutores

Rochas podem conter As

Att, Pesquisador ITAL

Apêndice G – Esclarecimentos da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) sobre fatores produtivos das propriedades rurais do estado de São Paulo

Assunto: RES: Projeto LUPA

Prezado Senhor: Formularei a resposta em tópicos, de forma que depois, se necessários esclarecimentos, a comunicação fica facilitada.

01- O que significa área com reflorestamento?

01.1- Há algum tipo de padrão para isto ou simplesmente significa que existem árvores plantadas nativas ou não?

1- Área de reflorestamento se refere à produção comercial de produtos florestais, como eucalipto, pinus e teca. Árvores nativas mesmo em recomposição entram no campo vegetação natural

01.2- É feito algum tipo de adubação para reflorestar?

1.2 O uso de adubação não é critério para esta categoria, mas pode-se assumir que em produção comercial realiza-se adubação.

01.3- As plantas utilizadas para reflorestamento são do próprio estado de São Paulo ou também podem ser trazidas de outros lugares?

1.3 As espécies para reflorestamento normalmente são exóticas, com poucas exceções.

01.4- Existe um catálogo das espécies das plantas utilizadas como reflorestamento? Se sim, vocês poderiam me fornecer?

1.4 As espécies que constam no manual são: Araucária (ou pinheiro-do-paraná); Bracatinga; Essências Nativas; Eucalipto; Kiri (ou quiri); Pinus; Teca e Outras florestais

02- O que significa adubação verde, no que se refere à identificação dos adubos utilizados ou das espécies das plantas (verde!) utilizadas como adubação?

2- Adubação verde refere-se ao plantio de alguma espécie vegetal para posterior roçada a fim de reciclar nutrientes, adicionar matéria orgânica no solo, fixar nitrogênio biologicamente (quando usada leguminosa para tal) e gerar palhada para plantio direto.

03- Quais são as técnicas utilizadas para conservação do solo?

3- Considerou-se conservação de solo a utilização de qualquer técnica que proteja o solo da erosão: Terraceamento, plantio em nível, cordões de vegetação em nível, cobertura morta do solo, solo permanentemente vegetado, plantio direto e cultivo mínimo.

04- Conservação do solo no contexto da colheita de dados do LUPA refere-se a técnicas como calagem ou somente a outros tipos? Solicito listar as técnicas utilizadas conservação do solo pelos proprietários das UPAs;

4- Conservação de solo refere-se somente à proteção de solo contra a erosão listadas acima. Calagem não é considerada.

05- Quais os insumos utilizados no contexto do registro “faz adubação mineral, quando necessário”?

05.1- Os minerais utilizados são obtidos de fabricantes comerciais ou podem ser obtidos por trituração de rochas ou ainda por resíduos de abatedouros?

05.2- Quais são as rochas utilizadas ou os tipos de resíduos animais, neste caso?

5- Adubação mineral se refere a uso de fórmulas ou adubos simples, farelados ou granulados, incluindo qualquer tipo de rocha triturada. O campo adubação orgânica refere-se à torta de mamona, esterco de galinha, esterco de curral, palha de

café, restos de culturas, húmus de minhoca, composto orgânico, resíduos industriais ou urbanos (farinha de ossos, de carne e outros subprodutos do abate de animais entram como resíduo industrial).

06- Existe alguma particularidade quanto às propriedades que utilizam irrigação com pivot central? Por exemplo, devem ser grandes propriedades. Mas além disso, possuem alguma forma distinta de fonte de água, utilização de nutrientes na água de aspersão, ou outra coisa que torne este tipo de irrigação também qualitativamente distinta das outras que não a utilizem?

6- Propriedades com equipamentos de irrigação do tipo pivot central tem o equipamento listado na tabela ###.3 “Máquinas, Implementos e Benfeitorias, Município de XXX, estado de São Paulo, 2007/08” quando visto as informações por município. Com relação a fonte de água, fertirrigação e outros não foi feita nenhuma distinção em nenhum tipo de sistema de irrigação usado.

07- Quais foram as definições de poço artesiano e semi-artesiano utilizadas para registrar o nº de UPAs que possuem cada tipo?

7- Poços artesianos e semiartesianos são poços tubulares profundos, sendo que não foram consideradas as diferenças entre artesianos e semiartesianos no levantamento.

Espero que tenha esclarecido suas dúvidas e caso necessite de mais informações colocamo-nos à disposição.

Atenciosamente,

Engº Agrº Assessor de Cadeias Produtivas e Estatística
CATI-SAA / EDR Campinas

Apêndice H – Categorização segundo variáveis indicadoras (dummies)

Arsênio		Frequência	Codificação	
			(1)	(2)
Tercis de pocon ¹	1: 0,10 - 1,00	32	0	0
	2: 1,10 - 2,17	30	1	0
	3: 2,18 - 7,40	31	0	1
Tercis de posec ²	1: 4,00 - 15,20	28	0	0
	2: 15,21 - 18,67	33	1	0
	3: 18,68 - 35,00	32	0	1
Tercis de pogin ³	1: 4,00 - 10,80	31	0	0
	2: 10,90 - 13,66	30	1	0
	3: 13,67 - 34,10	32	0	1
Cinquentis de narpa ⁴	1: 184,40 - 19.522,40	30	1	
	2: 19.522,50 - 361.296,80	63	0	

Chumbo		Frequência	Codificação	
			(1)	(2)
Tercis de panso ⁵	1: 1,50 - 25,90	38	0	0
	2: 26,00 - 46,20	37	1	0
	3: 46,30 - 91,20	39	0	1
Tercis de pocil ⁶	1: 1,00 - 19,00	37	0	0
	2: 19,01 - 56,66	39	1	0
	3: 56,67 - 555,00	38	0	1
Tercis de arbre ⁷	1: 1,00 - 32,00	39	0	0
	2: 32,10 - 185,90	37	1	0
	3: 186,00 - 3776,00	38	0	1
Tercis de pogin ³	1: 4,00 - 10,90	38	1	0
	2: 11,00 - 13,79	38	0	1
	3: 13,80 - 34,10	38	0	0

Cádmio		Frequência	Codificação	
			(1)	
Cinquentis de nautp ⁸	1: 0,00 - 2,00	29		1
	2: 2,01 - 34,00	27		0
Cinquentis de nuarv ⁹	1: 248,80 - 3023,70	24		0
	2: 3023,80 - 56622,80	32		1
Cinquentis de ranso ¹⁰	1: 11,00 - 148,00	27		0
	2: 148,10 - 2687,00	29		1
Cinquentis de ninst ¹¹	1: 3,00 - 30,00	27		1
	2: 30,01 - 991,00	29		

¹ Porcentagem de UPAs que praticam confinamento² Porcentagem de UPAs com proprietários com 2º completo³ Porcentagem de UPAs com proprietários com 1º grau completo⁴ Área municipal total com pastagem hectares⁵ Porcentagem de UPAs que realizam análise de solo⁶ N° de UPAs que possuem pocilgas⁷ N° de UPAs c/ vegetação brejo/várzea⁸ Total municipal de equipamentos de irrigação autopropelida⁹ Área total com vegetação natural (hectares)¹⁰ N° de UPAs que realizam análise de solo¹¹ N° de UPAs proprietários com instrução incompleta

Apêndice I – Organização dos dados nas categorias 0 (resultado negativo); 1 (detecções); 2 (violações), com uso da função tabela dinâmica do aplicativo Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Cód. Resíduo	404																	
Soma de um	Rótulos de Coluna																	
Rótulos de Linha	AC	AM	BA	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PR	RO	RS	SC	SE	SP	TO	Total Geral
2006		0	0	9	0	4	18	21	4	6	3	4	2	12	3			86
1				0	0	0	0	0		0		0	0	0				0
2				0		0	0	0		0	0	0		0				0
3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
4			0	0		0	2	0	0		0	0		0				2
5				0		0	0	0	0	0	1	0	0		1			2
6			0	0	0		0	0	1	0	0	0			0	0		1
7				0		0	2	3	0	0	1	0			1	0		7
8			0	3		1	1	4	1	1	0		1		2	0		14
9						1	1	0	1	1	0	0	0		0	2		6
10				0	2		1	2	1	1	0	0	1	1		1	0	10
11				0	0		0	3	4	0	1	1	0			3	1	13
12																		24

I.1-Soma de “um” – corresponde ao total de resultados de detecção. A figura ilustra o filtro para o resíduo 404 (chumbo) nas UFs participantes do PNCRC, no ano 2006. O filtro “Cód. Resíduo” possui as alternativas de 401 (arsênio), 402 (mercúrio) e 406 (cádmio). Os dados mensais dos anos 2007 a 2010 estão presentes na tabela dinâmica considerada, mas não aparecem na ilustração por limitação do espaço na figura

Cód. Resíduo	406																	
Soma de dois	Rótulos de Coluna																	
Rótulos de Linha	AC	AM	BA	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PR	RO	RS	SC	SE	SP	TO	Total Geral
2006		1	2	20	0	11	34	34	0	6	8	12	4	14	5			151
1				0	0	0	0	0		0		0	0	0				0
2				0		0	0	0		0	0	0		0				0
3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
4			0	3		0	3	0	0		0	0		0				6
5				0		0	0	0	0	0	0	1	0		1			2
6			0	1	0		0	1	2	0	0	0			1	0		5
7				1		1	6	4	0	1	1	1			4	1		20
8			1	4		0	1	7	0	2	1		2		1	0		19
9						1	4	2	0	1	1	2	0		1	2		14
10				1	3		5	2	6	0	1	0	0	1		1	1	21
11				0	3		0	4	8	0	0	1	3			1	0	20
12						6	4	13	5	0	1	4	5	1		4	1	44

I.2-Soma de “dois” – corresponde ao total de resultados de violação. A figura ilustra o filtro para o resíduo 406 (cádmio) nas UFs participantes do PNCRC, no ano 2006. O filtro “Cód. Resíduo” possui as alternativas de 401 (arsênio), 402 (mercúrio) e 404 (chumbo). Os dados mensais dos anos 2007 a 2010 estão presentes na tabela dinâmica considerada, mas não aparecem na ilustração por limitação do espaço na figura

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Cód. Resíduo	401																	
Soma de zero	Rótulos de Coluna																	
Rótulos de Linha	AC	AM	BA	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PR	RO	RS	SC	SE	SP	TO	Total Geral
2006		2	4	27	1	21	45	66	8	9	20	20	7	22	6		258	
1				4		2	5	7		2		4	1	3			28	
2				2		2	4	5		2	1	2		2			20	
3			1	1	1	1	5	4	1	1	1	3	1	1	1		22	
4				6		2	8	4			1	2		1			24	
5				2		3	5	7	2	1	2	4	1	6			33	
6		1	2	4		2	2	8	0		2			2	1		24	
7				0		0	4	8	1	1	3	1		3	0		21	
8		1		1			2	4	0	0	1		1	0	0		10	
9						1	1	1			1	1	1	1			7	
10			1	2		2	0	4	3	2	1		1	1	2		19	
11			0	2		1	3	8	1		3	3		0			21	
12				3		5	6	6		0	4	0	1	2	2		29	

Lista de campos da tabela dinâmica

Escolha os campos para adicionar ao relatório:

☒ Ano Análise

☐ Semana Análise

☒ mês

☐ Número Análise

☐ SJF

☐ Nome Status

☐ Cód. Status

Arraste os campos entre as áreas abaixo:

☒ Filtro de Relatório

☒ Rótulos de Coluna

Cód. Resíduo

Sigla UF

Rótulos de Linha

Valores

Ano Análise

Soma de zero

I.3-Soma de “zero” – corresponde ao total de resultados de não quantificação (resultados negativos). A figura ilustra o filtro para o resíduo 401 (arsênio) nas UFs participantes do PNCRC, no ano 2006. O filtro “Cód. Resíduo” possui as alternativas de 402 (mercúrio), 404 (chumbo) e 406 (cádmio). Os dados mensais dos anos 2007 a 2010 estão presentes na tabela dinâmica considerada, mas não aparecem na ilustração por limitação do espaço na figura

ANEXOS

Anexo A – Mapa da distribuição de bovinocultura no estado de São Paulo

Bovinocultura mista, 2007/2008

Bovinocultura Leiteira, 2007/2008

Fonte: São Paulo, 2008

Bovinocultura de corte, 2007/2008

Fonte: São Paulo, 2008

Anexo B – Fluxograma do sistema produtivo de animais destinados ao corte - bovinos, ovinos e caprinos, evidenciando potenciais focos de incorporação de perigos químicos que não são controláveis pelo processamento industrial dos abatedouros

Fonte: Horchner et al. (2006), [modificado]