



## PECUÁRIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

### Concepta McManus<sup>1</sup>, Maria Eugenia Canozzi<sup>2</sup>, Julio Bracellos<sup>3</sup>, Samuel Rezende Paiva<sup>4</sup>

A produção animal pode tanto provocar como sofrer influências das mudanças climáticas<sup>5</sup>. Tais mudanças são percebidas como uma grande ameaça para a sobrevivência de muitas espécies, dos ecossistemas e da sustentabilidade financeira dos sistemas pastoris em várias partes do mundo<sup>6</sup>. Os potenciais problemas serão ainda maiores nos países em desenvolvimento. Estudos econômicos sugerem perdas severas se os atuais sistemas de manejo não forem modificados<sup>7</sup>. A maior parte dessas pesquisas foi realizada em países desenvolvidos e têm fornecido inúmeros conhecimentos sobre as diferenças entre os genótipos e o impacto do estresse climático sobre produção, reprodução e saúde animal. No entanto, pouco se sabe sobre a adaptação dos animais às rápidas mudanças nas condições climáticas, especialmente, nos países em desenvolvimento, em que os fatores estressantes são diferentes e os níveis de mudanças esperados são

5 HOFFMANN, I. Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. *Anim Genet.* 2010; 41:32-26.

6 GAUGHAN, J.; LACETERA, N.; VALTORTA, S. E.; KHALIFA, H. H.; HAHN, L.; MADER, T. Response of domestic animals to climate challenges. In: EBI, K. L.; BURTON, I.; MCGREGOR, G. *Biometeorology for adaptation to climate variability and change*. Ontario: Springer, 2009. p. 131-166.

7 NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 2010; 130:57-69.

1. Professora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. E-mail: <concepta@unb.br>.

2. Professora da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: <mecanozzi@yahoo.com.br>.

3. Professor da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: <julio.barcellos@ufrgs.br>.

4. EMBRAPA Cenargen, Brasília-DF. E-mail: <geneflow@gmail.com>.

maiores<sup>8</sup>. Além disso, faltam informações a respeito dos impactos do estresse climático sobre a grande variedade de raças autóctones utilizadas na África, Ásia e América do Sul.

Por outro lado, em algumas áreas, as alterações climáticas podem ter um impacto positivo na produção animal. Regiões que são mais frias e úmidas podem aumentar a produção de forragem e, por sua vez, a produção animal<sup>9</sup>. Entretanto, essas vantagens podem ser dificultadas por questões políticas, sociais e financeiras para alterar as práticas de criação.

### **Mudanças climáticas e o ambiente**

Mudanças previstas no clima podem afetar os sistemas de criação animal em regiões tropicais. Poucos estudos são publicados no Brasil sobre a resposta de animais às mudanças climáticas, os quais são limitados em termos de características estudadas, ambientes, sistemas de produção e raças. O clima terá impacto sobre as quatro principais áreas da produção animal<sup>10</sup>: I) produção e preço de grãos; II) produção e qualidade de pastagens; III) crescimento e reprodução animal; e IV) saúde e distribuição de doenças e parasitas. No Brasil, as principais raças comerciais tiveram os locais de origem e seleção diferentes das condições de criação<sup>11</sup>, sendo necessário alterar o ambiente natural para a manutenção dos rebanhos. Isso tem provocado, por um lado, a diminuição na área e na qualidade das pastagens naturais e, por outro, um aumento no uso de insumos pelos pecuaristas, afetando o lucro do empreendimento e contribuindo para o *cost-price squeeze*, ou seja, para a dificuldade de cobrir os custos crescentes de produção<sup>12</sup>.

8 THORNTON, P.; HERRERO, M.; FREEMAN, A.; MWAI, O.; REGE, E.; JONES, P.; MCDERMOTT, J. Vulnerability, climate change and livestock – research opportunities and challenges for poverty alleviation. *SAT eJournal* 2007; 4:1-23.

9 ARTHUR, L. M.; ABIZADEH F. Potential effects of climate change on agriculture in the prairie region of Canada. *West. J. Agric. Econ.* 1988; 13:216-224.

10 ROTTER, R.; VAN DE GEIJN, S. C. Climate change effects on plant growth, crop yield and livestock. *Climate Change* 1999; 43:651-681.

11 MCMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; PAIM, T. P.; MARTINS, R. S.; BARCELLOS, J. O. J.; CARDOSO, C. C.; GUIMARÃES, R. F.; SANTANA, O. A. The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. *Rev. Bras. Zoot.* 2011 (in press).

12 SHIELDS, D. A. The farm price-cost squeeze and U.S. farm policy. Disponível em: <<http://www.nationalaglawcenter.org/assets/crs/R40761.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2010.

Devido às mudanças no clima, é fundamental a adaptação das práticas utilizadas pelos pecuaristas<sup>13</sup>. Essas mudanças podem resultar em uma redistribuição de animais dentro de, ou entre, regiões, em mudanças das espécies utilizadas (de bovinos para búfalos, ovelhas ou cabras), em mudanças no genótipo ou raça (uso de raças que podem manter a produção em condições adversas) e em mudanças no ambiente dos animais (proteção ou mitigação do ambiente). Na África, a falta de raças tolerantes ao calor já é percebida como um dos principais entraves para a produção<sup>14</sup>.

Mudanças climáticas podem alterar a distribuição geográfica de doenças causadas por vetores em áreas livres, como a tripanossomíase, resultando em grandes perdas financeiras. Isso é decorrente da possibilidade de altas temperaturas facilitarem a sobrevivência e a multiplicação de patógenos<sup>15</sup> ou de seus hospedeiros<sup>16</sup>, além de causarem problemas de imunidade devido ao estresse térmico<sup>17</sup>.

### Animal X Ambiente

No contexto animal, as alterações climáticas devem ser estudadas além do aquecimento global. Para isso, é necessário que variáveis climáticas sejam avaliadas, sendo as principais: temperatura, umidade relativa do ar, variações de temperatura entre o dia e a noite, chuvas, velocidade do vento, radiação solar e terrestre, taxas de evaporação e CO<sub>2</sub> atmosférico<sup>18</sup>.

Algumas áreas ficarão mais frias, o que provocaria impactos menores nos animais, mas poderia alterar a disponibilidade de alimento, enquanto que eventos

13 ILRI (International Livestock Research Institute). Climate change research by ILRI informs Stern Review on the economics of climate change. Disponível em: <<http://www.ilri.org/ILRIPubaware>>. Acesso em: 21 abr. 2011.

14 GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; LISLE, A. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 2008; 86:226-234.

15 HOGAN, J. S.; SMITH, K. L.; HOBLET, K. H.; SCHOENBERGER, P. S.; TODHUNTER, D. A.; HUESTON, W. D.; PRITCHARD, D. E.; TOWMAN, G. L.; HEIDER, L. E.; BROCKETT, B. L. Field survey of clinical mastitis in low somatic cell count herds. *J. Dairy Sci.* 1989; 72:1547-1556.

16 CHIRICO, J.; JONSSON, P.; KJELLBERG, S.; THOMAS, G. Summer mastitis experimentally induced by *Hydrotaea* irritans exposed to bacteria. *Med. Vet. Ent.* 1997; 11:187-192.

17 GIESECKE, H.W. The effect of stress on udder health of dairy cows. *J. Vet. Res.* 1985; 52:175-193.

18 HULME, P.H. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat. *J. Appl. Ecol.* 2005; 42:784-794.

extremos, como ondas de calor<sup>19</sup>, poderiam gerar grandes impactos sobre animais não adaptados. Também é previsto o aumento do risco de inundações e de secas. Embora possa haver pouca mudança em uma análise isolada de uma determinada região, eventos extremos podem aumentar tanto em intensidade quanto em duração, levando a mudanças consideráveis nas práticas de criação animal. Além disso, é provável que o calor e a seca sejam os principais fatores que contribuirão para as mudanças na produção animal nos próximos 50 anos.

### **Bancos de germoplasma e adaptação**

Em sua forma mais genérica, a adaptação é como uma mudança que reduz a tensão fisiológica produzida por um componente ambiental estressante. Tal mudança pode ocorrer durante a vida de um organismo (fenotípica) ou ser o resultado da seleção genética de uma espécie ou subespécie (genotípica)<sup>20</sup>.

De acordo com Henson<sup>21</sup>, é reconhecida a necessidade da conservação de recursos genéticos de animais como matéria-prima para futuros programas de melhoramento. Essa questão é de grande importância em planejamentos agrícolas internacionais, nacionais e regionais. A conservação tem interesse especial em regiões agropastoris de mudança rápida, onde os estoques nativos e os métodos de criação estão sendo substituídos, e nas áreas onde os extremos climáticos ou onde as condições específicas de parasitas resultaram em modificações genéticas únicas capazes de fazer uma raça sobreviver em condições extremas. Considerando-se as mudanças no clima global e a capacidade evolutiva e adaptativa de microrganismos e de insetos a técnicas de controle químico, os esforços visando à conservação tornaram-se ainda mais relevantes (23). A seleção indiscriminada para características de produção tem prejudicado a adaptabilidade de algumas raças comerciais (7). Com isso, o interesse por raças antes consideradas pouco produtivas tem aumentado (tais como o ovino Morada Nova e o cavalo Pantaneiro) e a procura por germoplasmas de animais naturalizados tem aumentado em alguns cenários.

O desempenho dos animais pode ser limitado em locais onde existam adversidades climáticas. Contudo, animais que evoluíram para sobreviver em condições adversas têm, geralmente, alta resistência ao estresse, baixa taxa metabólica, baixa

<sup>19</sup> Ondas de calor são eventos recorrentes em muitos climas e existem previsões de aumento em número e intensidade.

<sup>20</sup> BLIGH, J.; JOHNSON, K. G. Glossary of terms for thermal physiology. *J. Appl. Physiol.* 1973; 35:941-961.

<sup>21</sup> HENSON, E. A. *In situ conservation of livestock and poultry*. FAO Animal Production And Health Paper 99, 1992. 112 p.

fecundidade, longevidade, maturação tardia, menor tamanho em idade adulta e lenta taxa de desenvolvimento<sup>22</sup>. Isso sugere que a seleção ou o uso de animais (muitas vezes de raças nativas ou localmente adaptadas), que são adaptados para climas adversos, terão produtividade menor do que aquelas selecionadas para climas menos estressantes. Em geral isso é verdade, entretanto, animais de maior potencial produtivo e sob manejo inadequado podem, na pior das hipóteses, morrer; ou na melhor das hipóteses, produzir em nível inferior ou igual às raças nativas da região. Na maioria dos países em desenvolvimento, localizados nos trópicos, o baixo desempenho reprodutivo de vacas, tanto locais quanto importadas, resultou de uma combinação de fatores genéticos, de manejo e de clima<sup>23</sup>. Dependendo da localização, as mudanças climáticas podem melhorar o ambiente local ou ter impactos negativos. Para tirar proveito de mudanças positivas ou reduzir o impacto das mudanças negativas, os pecuaristas terão que se adaptar. A manipulação do micro clima (sombra, aspersores), a melhoria do manejo nutricional, o controle de doenças e a utilização de novas tecnologias reprodutivas são normalmente necessários para o animal cumprir o seu potencial genético<sup>24</sup>. No entanto, o uso desses processos pode ser muito oneroso para ser economicamente viável.

Nos últimos anos, cresceu o interesse pela preservação de raças menos produtivas (naturalizadas), principalmente com a possibilidade de transferência de genes que promovam características adaptativas para animais altamente produtivos. Assim sendo, é necessário reunir um volume maior de informações sobre essas raças para identificar possíveis genes de interesse, buscando desenvolver futuros programas de melhoramento e auxiliar programas de conservação de germoplasma<sup>25</sup>.

Recentemente, muitos pecuaristas de regiões tropicais optaram pela utilização de raças especializadas oriundas de países de clima temperado mal adaptadas ao

22 HANSEN, P.J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reprod. Sci.* 2004; 82:283-349.

23 AGYEMANG, K.; LITTLE, D.A.; BAH, M. L.; DWINGER, R. H. Effects of postpartum body weight changes on subsequent reproductive performance in N'dama cattle maintained under traditional husbandry systems. *Anim. Reprod. Sci.* 1991; 26:51-59.

24 MAGANA, J. G.; TEWOLDE, A.; ANDERSON, S.; SEGURA, J. C. Productivity of different cow genetic groups in dual-purpose cattle production systems in south-eastern Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 2006; 38:583-591.

25 MCMANUS, C.; PRESCOTT, E.; PALUDO, G.; BIANCHINI, E.; LOUVANDINI, H.; MARIANTE, A. S. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle. *Livest. Sci.* 2009a; 120:156-264.

ambiente de produção e altamente exigentes em termos de manejo, nutrição e ambiente. Tal prática reduziu ainda mais o número efetivo de animais de muitas raças brasileiras localmente adaptadas, sendo que muitas já se encontram em risco de extinção. Adicionalmente, pode causar uma perda irreparável, já que pouco se conhece sobre esses animais em termos de produção e de adaptação.

Raças locais adaptadas são importantes para um sistema nacional de produção, porque elas podem conter alelos em seu genótipo que conferem resistência a doenças ou a sobrevivência em condições adversas<sup>26</sup>. O clima de uma determinada localidade ou região, em particular a temperatura e a umidade relativa do ar, influencia diretamente o potencial de produção dos animais. O estresse por calor é um dos principais fatores envolvidos na redução da produtividade e do desenvolvimento animal. Com a falta de conforto térmico, o animal procura formas de perder calor, o que envolve uma série de adaptações do sistema respiratório, circulatório, excretor, endócrino e nervoso. Traços enzimáticos têm sido importantes para determinar a tolerância de cada raça ao seu ambiente<sup>27</sup>. A coordenação de todos esses sistemas, visando manter o potencial produtivo em estresse térmico, é variável entre espécies, raças e indivíduos e dentro de uma mesma raça<sup>28</sup>.

Frequentemente, a pecuária moderna e as práticas de criação animal levam em conta aspectos de produção imediata sem olhar para o sistema global de produção, incluindo a reprodução, a ingestão de alimentos e a produtividade<sup>29</sup>. Finocchiaro et al.<sup>30</sup> encontraram antagonismos entre a produção de leite e a tolerância ao calor, já que a seleção para uma maior produção e crescimento eleva as taxas metabólicas.

---

26 WOOLLIAMS, J. A.; WOOLLIAMS, C.; SUTTLE, N. F.; JONES, D. G.; WIENER, G. Studies on lambs from lines genetically selected for low and high copper status. 2. Incidence of hypocuprosis on improved hill pasture. *Animal Prod.* 1986; 43:303-317.

27 MCMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; PAIVA, S. R.; OLIVEIRA, A. A.; AZEVEDO, H. C.; MELO, C. B. Genetic factors of sheep affecting gastrointestinal parasite infections in the Distrito Federal, Brazil. *Vet. Parasit.* 2009b; 164:91-106.

28 MARAI, I. F. M.; HAEED, A. A. H. Buffalo's biological functions as affected by heat stress. *A review. Livest. Sci.* 2009; 127:89-109.

29 MARAI, I. F. M.; EL-DARAWANY, A. A.; FADIEL, A. et al. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. *A review. Small Rumin. Res.* 2007; 71:1-12

30 FINOCCHIARO, R.; VAN KAAM, J. B. C. H. M.; PORTOLANO, B.; MISZTAL, I. Effect of heat stress on production of mediterranean dairy sheep. *J. Dairy Sci.* 2005; 88:1855-1864

Sistemas de produção brasileiros devem levar em consideração todos os aspectos da produção. Os animais devem ser morfológicamente e fisiologicamente preparados para suportar um aumento de calor e seca. As características de interesse para as raças em climas quentes são uma maior área da pele em relação ao peso corporal; olhos protegidos; pele das pálpebras pigmentadas para diminuir a susceptibilidade a neoplasias oculares; cobertura clara para refletir o calor; habilidade para caminhar longas distâncias; adaptação a uma baixa ingestão de água e alta ingestão de sais, tanto na água quanto nas forragens; adaptação a alimentos de má qualidade; e uma maior resistência a carrapatos e a outros ecto e endo-parasitas.

### Potencialidades

Alguns estudos<sup>31</sup> indicam que o gado Zebu possui maior capacidade de sobreviver, de crescer e de se reproduzir na presença de fatores endêmicos de estresse, como a presença de ecto e de endo-parasitas, doenças, climas quentes (alta temperatura e umidade) e nutrição inadequada. Contudo, esses animais possuem menores taxas de reprodução e menor maciez de carne quando comparados às raças taurinas, as quais são menos adaptadas para os fatores de estresse das áreas tropicais. Schoeman<sup>32</sup> encontrou uma alta taxa de partos no gado Sanga nativo da África, já que são animais adaptados a ambientes adversos<sup>33</sup>. Com relação à qualidade de carne, Strydom achou poucas diferenças na carne de gado Sanga quando comparado com a de raças europeias.

31 PRAYAGA, K. C.; BARENDSE, W.; BURROW, H. M. Genetics of tropical adaptation. *8th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.wcgalp8.org.br/wcgalp8/articles>>. Acesso em: 29 out. 2009.

32 SCHOEMAN, S. J. Recent research into the production of indigenous cattle with special reference to Sanga (Review). *S. Af. J. Anim. Sci.* 1989; 19:55-67.

33 SCHOLTZ, M. M. Selection possibilities for hardy beef breeds in Africa: The Nguni example. *Proceed. 3rd World Cong. Sheep and Beef Cattle Breed*, 1988; 2:303-319.





Ademais, essas raças também são recomendadas para sistemas de cruzamento devido ao seu desempenho maternal. McManus et al.<sup>34</sup> concluíram que o gado Pantaneiro possui, aproximadamente, o dobro da taxa de reprodução que o gado Nelore no Pantanal brasileiro. Nas áreas com condições ambientais adversas, raças naturalizadas podem representar a única estratégia de produção a ser seguida. Na maioria dessas áreas, o nível nutricional e o manejo, geralmente, não são suficientes para atender a maior demanda das raças exóticas e de seus cruzamentos.

No futuro, é praticamente certo que haverá um aumento de grupos genéticos taurinos criados em ambientes tropicais e subtropicais<sup>35</sup>, devido à busca por aumento de produtividade e por concentração de produção. No entanto, Scholtz & Theunissen<sup>36</sup> reiteram que as raças bovinas nativas devem ser conservadas para assegurar a disponibilidade de seus genes de adaptabilidade e resistência na produção animal nessas regiões.

A aplicação de estudos em genética de paisagem e epigenética podem levar a um melhor entendimento aos tipos de ações e interações gênicas, além de revelar atributos de adaptação genética para fatores causadores de estresse, como doenças, parasitas, calor, umidade e falta de água. Mais atenção deve ser dada ao ambiente de seleção e aonde o animal vai ser criado para poder selecionar animais de forma mais eficiente e usar a manipulação ambiental para exagerar ou suprimir a expressão de genes.

### **Considerações finais**

Para o ano 2100, está previsto um aumento na temperatura média da superfície global de 1,8 a 4,0°C<sup>37</sup>. Enquanto a produtividade geral das culturas pode

---

34 STRYDOM, P. E. Do indigenous South African cattle breeds have the right genetics for commercial production of quality meat. *Meat Sci.* 2008; 80:86–93. MCMANUS, C.; ABREU, U. G. P.; LARA, M. A. C.; SERENO, J. R. B. Genetic and environmental factors which influence weight and reproduction parameters in Pantaneiro cattle in Brazil. *Arch. Zootec.* 2002; 51:91-97.

35 BOURDON, R. M. The case for composite commercial cattle, Part 2. 2011. Disponível em: <[http://www.optimum-beefbulls.co/why\\_crossbreed.htm](http://www.optimum-beefbulls.co/why_crossbreed.htm)>. Acesso em: 26 jul. 2011.

36 SCHOLTZ, M. M., THEUNISSEN, A. The use of indigenous cattle in terminal cross-breeding to improve beef cattle production in Sub-Saharan Africa. *Anim. Gen. Res.* 2010; 46:33–39.

37 IPCC. Climate change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers. 2011. Disponível em: <<http://www.ipcc.cg/SPM13ap07.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2011.



umentar nos trópicos e subtropicais, o rendimento de pastagens pode cair em 10% a 20% até 2050, consequência do aquecimento e da escassez de chuvas<sup>38</sup>. O provável aumento na frequência do estresse térmico, de secas e de cheias provocará efeitos adversos na produção pecuária. O tipo de estratégia de produção a ser seguida depende, principalmente, do ambiente e do seu nível de gestão. Há também uma necessidade de adequar corretamente o genótipo com o ambiente para garantir o aumento da produção com sustentabilidade.

Atualmente existe uma carência, na maioria dos programas de melhoramento animal, de uma definição básica dos objetivos da reprodução e seleção, bem como a adoção de critérios para orientar os cruzamentos de forma mais eficiente, visando uma produção sustentável em ambientes mutáveis. No caso de existir ambientes mutáveis, o uso de genótipos estáveis ou robustos seria uma opção, com base na teoria de interação genótipo-ambiente. Tal tentativa foi realizada por MacNeil & Matjuda<sup>39</sup> quando desenvolveram os cruzamentos entre Angus e Charolês com raças autóctones da África do Sul. Os resultados indicaram que nem todas as características são igualmente importantes na seleção, havendo a necessidade de especificações de acordo com o sistema produtivo. O mesmo ocorreu no Brasil com cruzamentos *indicus x taurus* que geraram as raças Brangus, Braford e Girolando.

No Brasil, a criação de gado de corte como atividade econômica sustentável enriqueceu a região pantaneira e conservou o bioma Pantanal<sup>40</sup>. Portanto, a conservação dessa região também depende do fortalecimento da criação de raças tradicionais. Normalmente, a produção de carne bovina é considerada causadora de impactos negativos fortes no ambiente. Generalizações são perigosas e, no caso dos biomas Pantanal e Pampa, o oposto aconteceu, já que criações extensivas de gado garantiram e continuarão garantindo a conservação desses ecossistemas.

A sustentabilidade ambiental é baseada no conhecimento dos processos que con-

38 JONES, P. G.; THORNTON, P. K. The potential impacts of climate change in tropical agriculture: the case of maize in Africa and Latin America in 2055. *Glob. Environ. Change*. 2003; 13:51-59.

39 MACNEIL, M. D.; MATJUDA, L. E. Breeding objectives for Angus and Charolais specialized sire lines for use in the emerging sector of South African beef production. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 2007; 37:1-10.

40 ABREU, U. G. P.; MCMANUS, C.; SANTOS, S. A. Cattle ranching, conservation and transhumance in the Brazilian Pantanal. *Pastoralism - Research, Policy Practice*. 2010; 1:99-114.

trolam a dinâmica dos sistemas de produção de uma determinada região. A busca pela sustentabilidade é um desafio constante e esse é o principal objetivo para os pesquisadores que trabalham nessas regiões. O replanejamento da gestão agrícola, a conservação da biodiversidade e o aperfeiçoamento do uso dos recursos naturais de forma sustentável só serão possíveis com a monitorização dos sistemas ecoagrários e com o uso de tecnologias adaptadas.

São inúmeras as opções disponíveis para uma potencial adaptação dos sistemas pecuários existentes aos riscos gerados pelas mudanças climáticas, as quais trarão benefícios para alguns sistemas de criação já influenciados por mudanças moderadas no clima. No entanto, há limites para a sua eficácia em mudanças climáticas severas. Assim, é preciso considerar mudanças mais sistêmicas na alocação de recursos, como a diversificação dos sistemas de produção e de subsistência. Alcançar metas de adaptação exigirá um maior conhecimento sobre questões relacionadas com outros fatores, como a variabilidade climática, os riscos de mercado e o desenvolvimento sustentável. Lidar com as resistências à adaptação exigirá uma abordagem política global e dinâmica que abrange uma série de escalas e questões, por exemplo, a compreensão por parte dos pecuaristas sobre as mudanças de perfis de risco, objetivando o estabelecimento de mercados eficientes<sup>41</sup>. A própria ciência também terá que identificar soluções multidisciplinares que priorizem a integração entre as áreas do conhecimento e uma melhor relação com os tomadores de decisões.

---

41 HOWDEN, S. M.; SOUSSANA, J.-F.; TUBIELLO, F. N. et al. Adapting agriculture to climate change. *Proceed. Nat. Acad. Sci.*, 2007; 104:1.9691-1.9696.