

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NO SETOR AGROPECUÁRIA:  
PERSPECTIVAS PARA O BRASIL DIMINUIR A EMISSÃO DE POLUENTES**

**INNOVATION AND SUSTAINABILITY IN THE AGRICULTURAL SECTOR:  
PERSPECTIVES FOR BRAZIL TO REDUCE THE EMISSION OF POLLUTANTS**

Franco Da Silveira, Marcos Lucas De Oliveira, Alexandre De Crescenzo Guedes Da Luz e Janis Elisa Ruppenthal

**RESUMO**

O setor agropecuário brasileiro é uma das fontes de emissões de poluentes que contribuem para o aumento dos Gases de Efeito Estufa (GEE), especificamente pela fermentação entérica e manejo de dejetos de animais decorrentes do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes, como os bovinos de corte e leite. A partir da acumulação dos GEE na atmosfera da terra, diferentes desequilíbrios nos ecossistemas estão se desenvolvendo e contribuem para o aquecimento global. Desse modo, percebe-se a importância de inovações tecnológicas que se relacionam com a redução de emissões de poluentes para a atmosfera. Nesse contexto, o objetivo da pesquisa consiste em investigar a relação do grau de inovação no setor agropecuária que busca reduzir os impactos das emissões resultantes da fermentação entérica do gado bovino de corte. Em termos metodológicos, aplicou-se uma rotina de levantamento sistemático nas bases *Emerald*, *ISI Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct* e *Scielo*. A pesquisa classifica-se como descritiva e comparativa, de caráter exploratório. Como resultados, o estudo indica que há escassa literatura científica sobre o tema, mas apontam-se as principais inovações tecnológicas que se relacionam com a utilização de equipamento eletrônico de monitoramento do comportamento e conforto animal.

**Palavras-chave:** Setor Agropecuária, Inovação, Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

The Brazilian agricultural sector is one of the sources of emissions of pollutants that contribute to the increase of greenhouse gases (GHG), specifically for the enteric fermentation and handling of animals due to the normal digestive process of ruminant herbivores, such as beef cattle and milk. From the accumulation of GHG in the Earth's atmosphere, different imbalances in ecosystems are developed and contribute to global warming. In this way, the importance of technological innovations related to a reduction of emissions of pollutants to the atmosphere is realized. In this context, the objective of the research is to investigate a relation of degree of innovation without agricultural sector that seeks to reduce the impacts of the emissions resulting from the enteric fermentation of beef cattle. In methodological terms, a systematic survey routine was applied to the Emerald, ISI Web of Science, Scopus, Science Direct and Scielo databases. The research is classified as descriptive and comparative, of an exploratory nature. As a result, the study emphasizes that there is scarce scientific literature on the subject, but they point out as main technological innovations that relate to a use of electronic equipment to monitor behavior and animal comfort.

**Keywords:** Agricultural Sector, Innovation, Sustainability.

## **1 INTRODUÇÃO**

Os estudos científicos mostram que o aquecimento global é uma realidade e que há necessidade de que todos cidadãos, órgãos governamentais, sociedades empresariais e organizações sem fins lucrativos façam sua parte, revendo seus conceitos, alterando sua forma de consumir os recursos naturais disponíveis e principalmente adotando uma postura de protagonismo. Assim, é importante realizar esforços que buscam reduzir os impactos dos Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, seja de forma interdisciplinar ou pela maior participação de atores possíveis. Porém, não devem ser realizados sem políticas públicas e com espectro global (RAMAN et al., 2012; LOU et al., 2015).

O Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), possui esta chancela de conduzir os esforços científicos e políticos em nível mundial. O relatório do IPCC (2014), diz que para limitar o aquecimento global, envolve grandes desafios tecnológicos, econômicos e institucionais. Com este cenário, é pertinente para que uma das grandes áreas econômicas de nosso país, a agricultura, tenha um papel de protagonista e deixe de ser somente expectador no cenário atual de aumento das emissões dos GEE. A relação entre sustentabilidade e inovação é fundamental para que a função de protagonismo na agricultura brasileira seja realmente alcançada. Segundo o conselho da FAO (1989) o desenvolvimento sustentável é a conservação dos recursos naturais sendo ambientalmente não degradante, tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável.

A relação entre inovação e sustentabilidade além de unir dois dos temas mais discutidos na história recente, proporciona uma forma prática de aplicar conhecimento em prol de uma das mais eminentes necessidades da humanidade, que é de estancar o processo de degradação do meio ambiente em favorecimento das gerações futuras. Segundo o IPCC (2014), das emissões dos GEE do ano de 2010, 24,78% são oriundas das atividades agropecuárias, florestas e outros uso da terra. O IPCC em seu 5º relatório de avaliação do clima (2014) preconiza um crescimento global das concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na atmosfera na ordem de 2,2% ao ano no período de 2000 a 2010. Sendo que durante o ano de 2010 as emissões foram de 49 GtCO<sub>2</sub> equivalente, proporcionalmente a quantidade de metano é inferior à de CO<sub>2</sub>. Porém, têm um impacto no aquecimento global maior que o CO<sub>2</sub>.

O estudo conduzido por Berndt et al. (2013) mostra que aproximadamente 30% do total de metano produzido globalmente é proveniente das atividades agropecuárias. Estudo conduzido pelo Observatório do Clima (2014), mostra que a estimativa de emissões de GEE brasileiras na ordem de 29,7% são de responsabilidade da agropecuária, através de um crescimento de quase 50% nos últimos 22 anos (1990-2012). Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral investigar a relação do grau de inovação no setor agropecuária com a redução dos impactos das emissões resultantes da fermentação entérica do gado bovino de corte

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Na revisão bibliográfica demonstram-se os conceitos que se relacionam ao objetivo do trabalho. Primeiramente, trata-se de uma breve contextualização referente a inovação, seguida das óticas de diferentes autores que destacam suas principais particularidades e a evolução dos seus conceitos. Por fim, aborda-se os principais impactos do setor agropecuário com as emissões de GEE no Brasil.

### **2.1 INOVAÇÃO**

Inovação pode ser definida como o alcance do êxito ao explorar novas ideias. Inserindo esse conceito no mercado, segundo Tidd et al. (2015), inovar não significa somente a formação de

mercados ainda inexistentes com a criação de novos produtos ou serviços, significa também criar maneiras inovadoras de servir a mercados já existentes. Desse modo, a inovação é movida pela capacidade de identificar oportunidades e aproveitá-las.

Segundo os autores Tidd et al. (2015), existem quatro tipos de inovações: a de produto, onde surgem novos serviços e produtos; a de processo, quando ocorre a mudança na metodologia que os produtos e serviços são produzidos e entregues; a de posição, diversificação do contexto que o produto é introduzido; e a de paradigma, mudança no modelo mental na orientação do que a empresa faz. Assim, a inovação passou a se tornar uma arma competitiva em diferentes nichos de mercado, tão importante para criação de novos produtos ou serviços, como para os processos internos de uma empresa.

Conforme Terra et al. (2012), o termo inovação merece uma colocação de importância dentro da gestão de uma empresa, de modo que a gestão de inovação permita que todos os setores dentro da organização estejam envolvidos nos processos de inovação. Sendo papel da gerência, não apenas oportunizar que seus funcionários participem desses processos, mas também incentivá-los a isso. Desafiá-los a sair do seu padrão de conforto e buscarem mudanças criativas e benéficas para a empresa. Em uma gestão voltada para inovação deve ter como base a liberdade para sugestões.

Nesse contexto, para Schumpeter (1988), a elaboração da teoria de desenvolvimento econômico, diferenciou invenção e inovação: “uma invenção é uma ideia, esboço ou modelo para um novo ou melhorado artefato, produto, processo ou sistema. Uma inovação, no sentido econômico somente é completa quando há uma transação comercial envolvendo uma invenção e assim gerando riqueza”. A OECD (2014) salienta que parar de fazer algo não é uma inovação, mesmo que isso gere uma melhora no desempenho da empresa. Outros exemplos residem na compra de modelos idênticos de equipamentos instalados ou pequenas extensões e atualizações em equipamentos ou softwares existentes não são vistas como inovações de processo.

A partir do momento em que a utilização de novas tecnologias passou a ser considerada como possibilidade de crescimento econômico, uma nova dinâmica foi estabelecida. A evolução da incorporação de inovações nas organizações, dentro do modelo capitalista de geração de riqueza, passou pela absorção de novas tecnologias, novos conceitos, novos processos, novo modelo de gestão, novas pessoas e suas novas ideias. Essa evolução inclui o estudo de modelos e práticas gerenciais voltadas à inovação e considera um universo ampliado que sai do contexto interno das empresas e organiza-se de maneira aberta através da formação de novas redes de informação e criação. Por exemplo, o modelo de inovação aberta, de autoria de *Henry Chesbrough*, considera a interação entre empresas, academias e consumidores em uma dinâmica de co-criação, também mencionada por *Prahalad*.

Para Andrade (2015), diversos estudos demonstram que o processo de inovação é realizado por atores externos, para complementar o conhecimento das universidades, outras organizações parceiras e do mercado, através dos consumidores, fornecedores e canal de distribuição. Esse modelo é denominado de “Inovação Aberta”. Além disso, o autor Andrade (2015) cita que considera esta estratégia como uma nova forma de criar valor para as empresas e para a sociedade. Nessa linha de argumentação, Silva et al. (2013) defende que o entendimento do processo de inovação é vital para a compreensão dos fatores que colaboram ou bloqueiam o desenvolvimento de inovações nas organizações. Para Schumpeter (1988), a importância da inovação é definida como a força central no dinamismo do sistema capitalista.

### 2.1.1 Inovação sobre a ótica de Schumpeter

O autor Schumpeter (1988) enfatiza a importância das grandes empresas como pilar central do desenvolvimento econômico, mediante a denominada acumulação criativa e acumulação de conhecimentos não transferíveis em determinados mercados tecnológicos e principalmente da

capacidade de inovação. Segundo o mesmo autor, a inovação tecnológica cria uma ruptura no sistema econômico, tirando-a do estado de equilíbrio, alterando, desta forma, padrões de produção e criando diferenciação para as empresas. Ela representa papel central na questão do desenvolvimento econômico regional e de um país.

Vários estudos têm sido realizados sobre a relação entre desempenho comercial das empresas e a capacidade inovadora; para elas, o desenvolvimento tecnológico é primordial, sendo o diferencial competitivo, possibilitando-lhes a manutenção no mercado ou a conquista de outros. Pode-se afirmar que a inovação tecnológica deve englobar a introdução de um novo produto, de novo método de produção, abertura de novo mercado e a conquista de uma nova organização. Schumpeter (1988) associa a intensidade de inovação ao tamanho das empresas, ou seja, para o autor a maior intensidade está associada às grandes empresas. Partindo-se desse conhecimento, estudos posteriores chegaram a duas proposições: (i) a inovação tem uma relação positiva com o tamanho da empresa; (ii) a inovação cresce mais que proporcionalmente ao tamanho da empresa e cresce também com a concentração de mercado.

Tratando-se do processo de inovação, o mesmo autor dividiu-o em três fases: (i) invenção, ideia potencialmente aberta para exploração comercial; (ii) inovação, exploração comercial; e, (iii) inovação/difusão, propagação de novos produtos e processos pelo mercado. A abordagem schumpeteriana dá ênfase às grandes inovações radicais que envolvem mudanças no sistema econômico. Através da análise, evidencia-se que as empresas passaram a buscar por inovações, tendo como foco central a maximização dos seus lucros. No caso de uma inovação em processo produtivo, isto vai proporcionar à empresa uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.

### **2.1.2 Inovação sobre a ótica tecnológica - Neoschumpeteriana**

A importância da inovação para o desenvolvimento econômico do século XXI, é reforçada por autores denominados neoschumpeterianos. Conforme Perez (2009), o espaço do tecnologicamente possível é muito superior ao economicamente rentável e socialmente aceitável, pois é com o lucro em mente que os empreendedores estão transformando constantemente invenções em inovações. Nessa abordagem, Freeman (1987) elencou quatro estratégias de inovação: (i) incremental; (ii) radical; (iii) mudanças do sistema tecnológico; e, (iv) mudança no paradigma tecno-econômico. Dentre essas, a inovação incremental ocorre com maior ou menor intensidade continuamente em qualquer indústria ou atividade de serviço. Já as inovações radicais são eventos descontínuos e são o resultado de uma atividade de pesquisa e desenvolvimento deliberada realizada em empresas e/ou universidades e laboratórios.

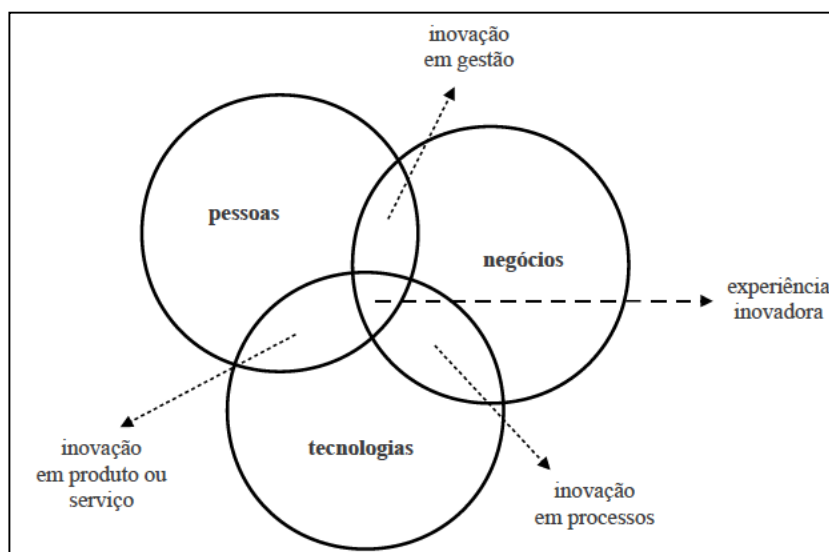
As inovações incrementais decorrem frequentemente como resultado de invenções e melhorias sugeridas por engenheiros e outros profissionais envolvidos diretamente no processo de produção ou como resultados de iniciativas e propostas de usuários do produto (FREEMAN, 1987). Assim, uma inovação pode ser resultado de uma solução criativa de um colaborador, uma nova forma de atender o cliente, uma alternativa de determinada etapa do processo produtivo ou da modificação de um insumo para o novo produto. As mudanças do sistema tecnológico afetam um ou vários setores da economia, assim como causam a entrada de uma empresa em novos setores. Elas são baseadas na combinação de inovação radical e incremental, junto com inovações organizacionais. Algumas mudanças no sistema tecnológico são tão fortes que têm importante influência no comportamento da economia.

A expressão paradigma tecno-econômico implica em um processo de seleção econômica do âmbito da combinação de inovações tecnicamente factíveis e, de fato, isto toma um tempo relativamente longo. Um paradigma tecno-econômico é aquele que afeta a estrutura e as condições de produção e distribuição de quase todo o ramo da economia Freeman (1987). Rieg e Alves Filho (2003) caracterizam inovação ou desempenho inovador empresarial a partir das

inovações tecnológicas de processos e produtos comercialmente viáveis, sendo essa uma consequência dos esforços tecnológicos realizados pelas organizações. Estas inovações podem ser tanto significativas como incrementais.

As inovações significativas relacionam-se a produtos ou processos inteiramente novos, diferentes dos existentes até aquele momento. Já as inovações de produtos ou processos incrementais resultam de aperfeiçoamentos de produtos que já existem e que podem ser melhorados. Os autores discutem que para medir a inovação empresarial é necessário considerar tanto a quantidade de inovação em produtos e processos como a parcela do faturamento decorrente das inovações e número de patentes conquistadas (TROTT, 2012; TIDD et al., 2015). Na Figura 1 é apresentado a relação da inovação com suas dimensões.

Figura 1 – Inovação e suas dimensões



Fonte: Adaptado de Kelley (2008).

Segundo o “Manual de Oslo” (2005), a inovação pode ser classificada como inovação em produtos, inovação em processo e inovação em produto e em processo. Kelley (2008), aponta que o valor do pensamento criativo e a diversidade necessária para inovação. Para a autora, a inovação é o resultado de um trabalho em equipe e significa ser receptivo à cultura e tendências de mercado, ou seja, é aplicação de conhecimentos de maneira a pensar o futuro. Conforme Kelley (2008) há alta complexidade no processo gerador de inovação que mesmo não ampliando as dimensões externas da organização, requer o envolvimento, conhecimento e conexões pessoais, estratégicas e tecnológicas. Diante disso, as inovações tecnológicas podem assumir basicamente duas formas: (i) produtos tecnologicamente novos, em que as características ou o uso pretendido diferem dos produzidos anteriormente; e, (ii) produtos tecnologicamente aprimorados, em que um produto existente tem seu desempenho melhorado significativamente ou aprimorado.

### 2.1.3 Evolução dos conceitos de Inovação

Os conceitos de inovação evoluíram em complexidade se analisarmos do ponto de vista histórico. O foco era na tecnologia que empurrava o desenvolvimento ou no mercado que indicava as necessidades, nas quais as empresas buscavam soluções. Neste caso a necessidade vinha antes da invenção, e com o tempo as limitações foram notadas neste modelo. Nesse contexto, os estudos de Christensen (1997), Cooper (1998), e Hamel (2006) buscaram definir e



compreender os processos de inovação. Esses evidenciaram que o sucesso empresarial competitivo depende da gestão da inovação nas empresas (DI BENEDETTO, 1996; ERNST, 2002; PORTER e KETELS, 2003).

A evolução tecnológica vem sendo caracterizada de maneira equivocada pela inovação e difusão, sendo que a inovação é um evento mais comum em países desenvolvidos (BELL e PAVITT, 1993). Em países em desenvolvimento, as inovações tecnológicas seriam adotadas pelo processo de difusão tecnológica dos países desenvolvidos. Esta ideia é rejeitada, uma vez que a difusão tecnológica vai além da aquisição de máquinas e equipamentos. Perez (2010), relata que a experiência na mudança de clima de negócio sugere que o apoio adequado para a inovação, pode depender basicamente da compreensão do contexto em mudança, das diferentes condições da concorrência, da natureza do paradigma orientador e do deslocamento dos espaços de oportunidades disponíveis (HASHIM, MUSTAFA e FAWZI, 2005). Conforme o autor Andrade (2015), a estratégia de inovação aberta é uma oportunidade para aceleração e aprimoramento do processo de aprendizagem tecnológica e criação da inovação, base para o desenvolvimento da competitividade. No Quadro 1 são apresentados fatores importantes para a Inovação Aberta.

Quadro 1 - Síntese dos fatores relevantes das iniciativas de Inovação Aberta

<b>Fator</b>	<b>Definição</b>
Motivações e fatores que contribuem para a adesão e consolidação da estratégia de inovação aberta.	Evolução da ciência e tecnologia; globalização; necessidade de redução de custos e incertezas; menos tempo para lançar novos produtos ( <i>time to Market</i> ); busca por melhoria da eficácia; aumento da complexidade tecnológica
O valor das redes externas.	Reconhecimento do potencial das redes externas para o processo de produtividade, inovação e criação de valor.
Tipos de iniciativas de acesso ao conhecimento externo.	Acessando as ideias de clientes através de call centers, dados de lojas de varejo e grupos focais; estudando o ambiente externo em busca de ideias; procurar especialistas na tentativa de resolver problemas específicos de P&D; formar uma joint venture, licenciar tecnologia de uma universidade, ou participar em redes; aproveitar o conhecimento dos empregados, banco de dados e consultores.
Estrutura e processos de apoio da abordagem colaborativa.	Tecnologias de informação e comunicação apropriadas; seleção cuidadosa dos participantes; confiança e compromisso entre os parceiros; combinação de incentivos para atrair a participação dos consumidores; processos de governança para coordenar as atividades da rede.
Indicadores de desempenho e benefícios decorrentes da inovação aberta.	Economias de escala, novas aprendizagens e gestão dos riscos e incertezas; compartilhamento de custos; desenvolvimento de padrões tecnológicos; melhor acesso ou saída aos mercados; aumento da capacidade de inovação da empresa; redução do <i>time to Market</i> ; melhoria da produtiva.

Fonte: adaptado de Andrade (2015).

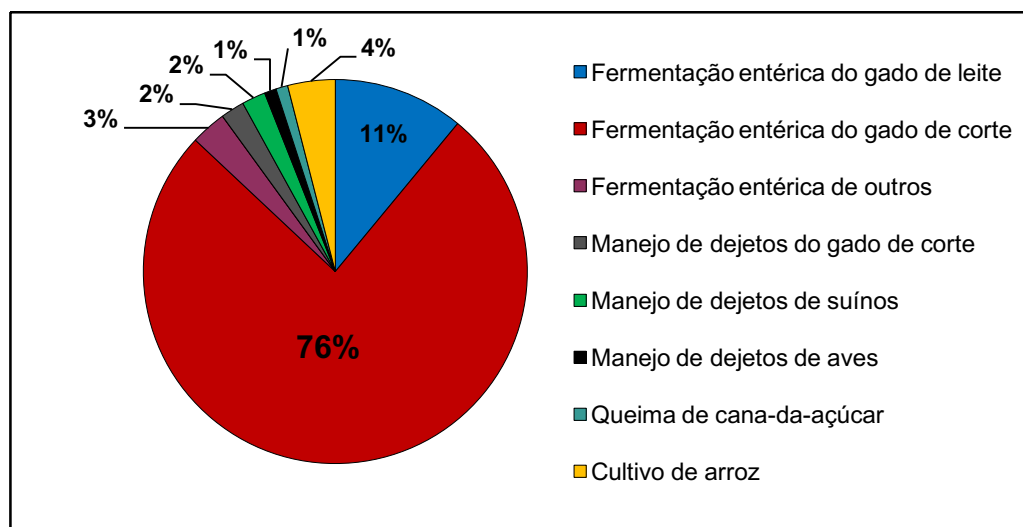
## 2.2 EMISSÕES DE POLUENTES NO SETOR AGROPECUÁRIA BRASILEIRO

As principais emissões do setor agropecuária são resultantes da fermentação entérica do gado bovino, que produz metano, além da aplicação de adubos e fertilizantes sintéticos responsáveis pelas emissões de N<sub>2</sub>O (MCTI, 2016). No Brasil foram abatidos aproximadamente 30,6 milhões de bovinos em 2016, e as projeções de carnes demonstram que o setor deve apresentar intenso crescimento nos próximos anos. A produção de carne bovina caracteriza-se com uma projeção de 2,4% ao ano, com atendimento doméstico e de exportações, que deverá

apresentar um aumento de 21% até 2026 (MAPA, 2016). Desse modo, as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) por fermentação entérica e manejo de dejetos de animais decorrentes do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes deve crescer nas mesmas proporções.

As emissões de CH<sub>4</sub> em 2014 no Brasil apresentaram como principal fonte de contribuição para o crescimento de GEE a fermentação entérica do gado de corte, responsável por 76% do total das emissões, seguido por 11% do gado de leite. A quantidade das populações de bovinos de corte e de leite explicam a diferença de contribuição de emissões (MCTI, 2016). Em 2016, a produção de leite foi de 34,2 bilhões de litros e deve aumentar cerca de 25,6% até 2026. O crescimento da produção de leite está relacionada ao incremento de tecnologias que estão sendo incorporadas com reflexos na produtividade do rebanho (MAPA, 2016). A Figura 1 apresenta as diferentes fontes de emissões de CH<sub>4</sub> responsáveis no ano de 2014 no Brasil.

Figura 1 – Emissões de CH<sub>4</sub> dos subsetores para o setor agropecuária



Fonte: (MCTI, 2016).

Conforme Berndt et al. (2013), aproximadamente 30% do total de CH<sub>4</sub> produzido globalmente é proveniente das atividades agropecuárias. A importância da redução das emissões dos GEE, da pecuária brasileira, especificamente com o CH<sub>4</sub>, é vital para que essa atividade colabore com a redução dos efeitos da elevação da temperatura da superfície da terra. Segundo Barioni et al. (2007), o aumento da taxa de natalidade de bovinos de 55% para 68%, a redução na idade de abate de 36 para 28 meses e a redução na mortalidade em até um ano de 7% para 4,5%, possibilitaria que em 2025 a relação kg CH<sub>4</sub> por kg de carne e kg de leite fossem reduzidas. Além disso, existem diversas formas ou oportunidades para mitigar a emissão de GEE que se relacionam com a possibilidade de aplicação de tecnologia inovadora com melhoria no conforto animal. Logo, a relação entre sustentabilidade e inovação é fundamental para que a função de protagonismo da pecuária brasileira seja realmente alcançada.

### 3 METODOLOGIA

Esta seção tem por objetivo apresentar aspectos pertinentes aos procedimentos metodológicos adotados para a realização deste trabalho. Nesse contexto, quanto a forma de estudo a pesquisa classifica-se como descritiva, que tem como cerne a não interferência do pesquisador e sim sua descrição para desenvolver o objeto de pesquisa, procurando entender como o fenômeno ocorre, suas características e relações/interações com outros fenômenos. Quanto aos seus fins a

pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois busca contribuir com a lacuna de informações dos GEE resultantes da emissão do setor agropecuário. Quanto a abordagem, trata-se da qualitativa, visto à estrutura inicial de formulação do problema, a revisão bibliográfica apresentada, e a coleta e análise de dados. Os resultados serão interpretados por meio do método qualitativo, que permite ter um controle sobre os fenômenos e também um ponto de vista de contagem e suas magnitudes (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

O levantamento sistemático da literatura foi realizado por meio de consulta em bases de dados, conforme os periódicos elencados no Quadro 2. A varredura é caracterizada como teórico-conceitual (LOPES e CARVALHO, 2012). O escopo da revisão da literatura inclui artigos publicados em periódicos e revistas que tratam de questões que contemplam a inovação, sustentabilidade e uso intensivo de tecnologia para controle de emissões do setor agropecuária.

Quadro 2 – Detalhes do mapeamento de termos na literatura

<b>Finalidade</b>	<b>Base de Dados</b>	<b>Strings de busca</b>
Contextualizar a temática da pesquisa.	<i>Science Direct Google Academic Emerald Scopus ISI Web of Science</i>	<i>Sustainability; greenhouse gases; technological innovation; dairy comfort; rumination; methane; precision livestock</i>
Verificar as tecnologias que estão sendo utilizadas.	<i>Google Patents Instituto Nacional da Propriedade Industrial</i>	<i>technological innovation; dairy comfort; rumination; precision livestock</i>

Fonte: Autores (2017).

O escopo da revisão da literatura inclui artigos publicados em periódicos e revistas que tratam de questões da sustentabilidade no setor agropecuário, inovações desenvolvidas para o conforto animal e as pesquisas atualmente desenvolvidas com sua temática. O estudo consistiu em três etapas: (1) definir o objetivo e as questões de pesquisa; (2) selecionar as palavras-chave e as bases de dados; (3) identificar e analisar artigos relevantes. Em um nível mais detalhado, este trabalho teve por objetivo responder às seguintes questões de pesquisa: Q1. Quais são os fatores relevantes das iniciativas de Inovação Aberta? Q2. Quais são os principais autores baseados em óticas de inovação trazidos na literatura? Q3. Quais são os facilitadores e as barreiras associadas à geração de tecnologia que podem ajudar na pecuária de precisão?

Após definir o propósito e as questões, passou-se para a etapa de selecionar as palavras-chave e as bases de dados para fazer a pesquisa. Nessa etapa foram utilizadas como ponto de partida as palavras-chaves e termos identificados na análise introdutória sobre sustentabilidade e inovações. O estudo assume relevância em razão das poucas investigações existentes relacionadas ao monitoramento de conforto animal através de tecnologias inovadoras, para mitigar as emissões dos GEE. Além disso, destaca-se que a pecuária devidamente manejada e utilizando técnicas de consorciamento contribui com a redução dos GEE. Também se justifica a pesquisa pelo fato de a pecuária representar para o país, uma importante atividade econômica que movimenta, segundo o Observatório do Clima (2014), 7,0 milhões de empregos diretos na pecuária de corte e possui o Valor Bruto da Produção (VBP) de carne na ordem de R\$ 51,1 bilhões. Sendo que a cadeia produtiva movimenta R\$ 167,5 bilhões ao ano.

As bases de dados foram selecionadas por serem as mais abrangentes e cobrirem os tópicos a serem analisados nesta pesquisa. Com base neste propósito e utilizando operadores lógicos disponíveis para buscas avançadas, se estabeleceu as *strings* (sem aspas e sem refinamento por área de conhecimento) a serem utilizados no levantamento teórico nos bancos de dados. Após



as buscas nas bases de dados, o refinamento da pesquisa considerou todos os anos disponíveis na base e adotou os critérios de idioma (*portuguese/english*), tipos de documentos (*article/review*) e áreas de conhecimento (*management/business*). Para cada artigo resultante da busca foi feita uma verificação a fim de assegurar sua relevância para o domínio da temática abordada.

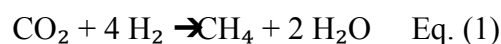
Na aplicação dos filtros iniciais, foram identificados aproximadamente 54 artigos. Ressalta-se que o levantamento cronológico de artigos está alocado conforme as óticas de inovação e pesquisas que contemplam sustentabilidade na pecuária. Considerando as buscas realizadas nas bases de dados selecionadas, foram definidos os pontos de referência da pesquisa, que compõem o conjunto de síntese elaborado sobre cada um dos fatores relevantes das iniciativas de Inovação Aberta. Posteriormente, realizou-se a análise dos artigos a partir da literatura encontrada e assim, foi realizada uma síntese de cada uma delas, apresentando as principais características de cada uma. Também foram identificados 12 artigos em que há intersecção entre os temas e que, posteriormente, foram analisados à luz das questões de pesquisa mencionadas. A análise foi feita com auxílio do software *Mendeley*.

#### 4 RESULTADOS

A fermentação dos componentes dietéticos pela microbiota ruminal resulta na formação de ácidos graxos voláteis (AGVs), usados pelo ruminante como fonte de energia, e produção de gases (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>), eliminados por meio da eructação. A fermentação em ruminantes envolve processo oxidativo, gerador de cofatores reduzidos (NADH, NADPH e FADH). Para que o processo fermentativo não seja paralisado, esses co-fatores são então re-oxidados (NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>+</sup> e FAD<sup>+</sup>) por meio de reações de desidrogenação, liberando hidrogênio no rúmen. Como processo aceptor de elétrons, a metanogênese remove continuamente o gás Hidrogênio (H<sub>2</sub>) do meio. Dessa forma, a formação de metano é essencial para o ótimo desempenho do ecossistema ruminal, porque evita o acúmulo de H<sub>2</sub> no rúmen, o que poderia levar à inibição da atividade desidrogenase, envolvida na re-oxidação dos cofatores reduzidos.

Assim, na complexa comunidade microbiana do trato gastrointestinal, muitos outros microrganismos exercem importante influência na produção de metano, seja por proporcionar ambiente adequado para a sobrevivência das metanogênicas ou por produzir substratos utilizados pelas mesmas. Por sua vez, as vias metabólicas envolvidas na formação de hidrogênio, bem como as relações interespecies da população metanogênica com os demais microrganismos do ecossistema ruminal são importantes fatores que devem ser considerados no desenvolvimento de estratégias para o controle da emissão de metano por ruminantes.

Nesse contexto, a identificação de todo o espectro e diversidade desses microrganismos é condição essencial para o desenvolvimento de estratégias de mitigação da emissão de metano entérico. Nos ruminantes a produção de metano ocorre pelas Archaea metanogênicas, seu ciclo de formação do metano é a partir do CO<sub>2</sub> e envolve a captação de quatro moléculas de H<sub>2</sub>. Como representado pela Equação 1.



Os diferentes produtos formados durante a fermentação ruminal não são equivalentes em termos de liberação de H<sub>2</sub>, ou seja, a quantidade de H<sub>2</sub> livre liberado no rúmen depende da concentração e proporções relativas de acetato, propionato e butirato produzidos (MARTIN et al., 2009). Conforme Machado (2011), o composto de importância para o ecossistema ruminal é o H<sub>2</sub> produzido durante a levedação das forragens. Nesse contexto, para reduzir as emissões de GEE resultantes da fermentação entérica do gado bovino é essencial estudar as vias metabólicas

envolvidas na formação e utilização do H<sub>2</sub>, assim como a população metanogênica (MARTIN et al., 2009). Para Barioni et al. (2007), é possível reduzir as emissões de GEE resultantes da fermentação entérica do gado bovino com o aumento da taxa de natalidade de bovinos de 55% para 68%, a redução na idade de abate de 36 para 28 meses e a redução na mortalidade em até um ano de 7% para 4,5%.

Segundo Martin et al. (2009), para reduzir as emissões de GEE no setor é necessário ter ao menos um dos seguintes objetivos: (i) redução da produção de H<sub>2</sub>; (ii) utilização do H<sub>2</sub> produzido para produção de produtos alternativos para o ruminante; e, (iii) inibição de Archease metanogênicas. Na compreensão de Gregorini et al. (2013), essas medidas proporcionam um aumento na rentabilidade da produção de leite e/ou carne, como também uma redução consistente na emissão de metano entérico. Machado et al. (2011), complementa afirmando que a utilização de concentrados na dieta reduzem a proporção da energia dietética convertida para metano, ou seja, a adição de concentrado promove a redução da emissão de metano como proporção da energia ingerida ou expressa em kg de leite e/ou carne. Assim, conforme o autor Machado et al. (2011), animais que consomem mais leguminosas emitem menos CH<sub>4</sub>, quando comparado com aqueles que consomem gramíneas. Ademais há outras formas de estabelecer a redução das emissões de GEE resultantes da fermentação entérica do gado bovino, através da adição de suplementação de lipídeos, utilização de aditivos, ionóforos, ácidos orgânicos, leveduras e extratos de plantas na alimentação do gado de corte (MACHADO et al., 2011).

Assim, tem-se que a ruminação é um importante aspecto do funcionamento do rúmen e do bem-estar animal (GREGORINI et al., 2013). Os animais manejados em um sistema silvipastoril durante diferentes períodos (inverno e verão) apresentaram um comportamento distinto (PACIULLO et al., 2014). Conforme o autor Gregorini et al. (2013), em um estudo de emissões de GEE pela fermentação entérica do gado bovino, devem ser observados: (i) o comportamento da ruminação e padrões diurnos de pastejo de gado leiteiro de diferentes raças; e, (ii) a idade e genética em sistema de pastoreio.

Para Paciullo et al. (2014), um sombreamento consorciado com pastagens, reduz o efeito do stress térmico proporcionando resultados como uma maior quantidade de ruminação e um maior ganho de peso do animal. Nesse contexto, Elischer et al. (2013) relata que as inserções de tecnologias para o monitoramento das mudanças de comportamento da atividade de ruminação dos bovinos podem auxiliar no controle da saúde animal (controle de peso, crescimento animal e tempo da primeira cria) e na relação de controle emissões de metano por kg de leite ou kg de carne. Desse modo, no Quadro 3, constam tecnologias que foram desenvolvidas com a finalidade de controlar ou reduzir as emissões provenientes de animais herbívoros ruminantes e que contemplam com o contexto explícito anteriormente.

Quadro 3 – Principais tecnologias desenvolvidas para controlar o metano produzido pelos herbívoros ruminantes como os bovinos de corte e leite

Título da Patente	Conceito	Ano de Publicação	País	Número de Registro
<i>Method and System for Monitoring and Reducing Ruminant Methane Production</i>	Um método e sistema para reduzir as emissões de metano pelos ruminantes.	2009	Estados Unidos da América	US0192213A1
<i>Livestock act of Networking and Computer vision-based Intelligent Monitoring System</i>	A invenção descreve um sistema inteligente de monitoramento do comportamento do gado.	2016	China	CN103488148A

<i>Vaccine and Health-Related Applications for Ruminant Breath Monitoring System</i>	Um método para administrar a saúde de ruminantes ou outros animais.	2013	Estados Unidos da América	US8453601B2
<i>Apparatus for Recording individual Animal Behavior Parameters of Animals</i>	O dispositivo é usado para registrar parâmetros individuais de animais, como ruminantes e especialmente bovinos.	2015	Alemanha	DE102014003846A1
<i>Method and Device for Determining Greenhouse Gas, in particular Methane, emitted by a Ruminant, in particular a Dairy Animal</i>	Método e aparelho desenvolvido para determinar por meio de um animal ruminante, em particular um animal lácteo, emissões de gases de efeito estufa, em particular metano.	2015	Estados Unidos da América	US9164081B2
<i>Ruminant Information Acquisition System for Ruminant Animals</i>	A invenção refere-se a um algoritmo de reconhecimento de áudio de ruminação e tolerância de torção e pertence ao campo técnico de reconhecimento de áudio de engenharia de criação de gado.	2014	China	CN103916462A

Fonte: Autores (2017).

Conforme o Quadro 3, diferentes países estão desenvolvendo tecnologias que visam reduzir a emissão de GEE, em particular, o metano oriundo de bovinos e ruminantes, que em conjunto contribuem significativamente para o aumento do aquecimento global. Além disso, conforme análise das patentes selecionadas na pesquisa, destaca-se que as tentativas de redução de GEE estão relacionadas com parâmetros da dieta dos bovinos de corte e leite e com suplementos alimentares e de nutrientes que se concentram na modificação da composição genética do rebanho animal. Portanto, as tecnologias perfazem a capacidade de monitorar e diagnosticar a eficiência da digestão animal para poder indicar fatores que podem apresentar melhor desempenho em condições de campo para buscar reduzir as emissões de metano.

## 5 CONCLUSÃO

As mudanças organizacionais enfrentadas pelas empresas, devido ao constante quadro de alterações, inovações e competitividade, impuseram a necessidade de repensar o formato tradicional de estruturação hierárquica. As empresas devem procurar fora de seus limites o conhecimento, proporcionando alterações significativas na sua organização. Assim, será imperativo alavancar e aprimorar o conhecimento existente, buscando competitividade e inovação através da “Inovação Aberta”. Mesmo com a crescente atenção oferecida à temática inovação, pode-se entender que não há consenso acerca da definição de inovação tecnológica ou de como investigá-la.

Nesse sentido, quanto a inserção da inovação no meio agrícola, especificamente, as desenvolvidas para reduzir as emissões de GEE resultantes da fermentação entérica do gado bovino, denotam iniciativas que estão ligadas as estratégias nutricionais. Outros fatores estão associados à viabilidade econômica de adoção e manutenção do desempenho animal. Assim, as estratégias mitigatórias devem ser realizadas de forma sistêmica, considerando o balanço de carbono do sistema vinculante de produção, isto é, a fonte emissora. Desse modo, para o setor agropecuária brasileiro é importante desenvolver tecnologias que buscam reduzir os GEE e também, para melhorar o processo de ruminação.

Dessa forma, o presente estudo revela que as emissões de metano dos ruminantes são vinculadas aos processos fermentativos gastrointestinais. Além disso, a pesquisa revela que os diferentes produtos formados durante a fermentação ruminal não são equivalentes em termos de liberação de H<sub>2</sub>. Por isso, para reduzir as emissões de GEE resultantes da fermentação entérica do gado bovino é essencial estudar as tecnologias que foram e estão sendo utilizadas em outros países. É importante destacar que a redução dos gases poluentes é possível através do aumento da taxa de natalidade, da redução na idade de abate, e, do incremento de medidas nutricionais, conforme as patentes analisadas que contemplam esses propósitos.

Por fim, o estudo proporcionou algumas contribuições acadêmicas relevantes e permitiu o avanço do conhecimento sobre a inovação e sustentabilidade do setor agropecuária a partir da análise de patentes. Além disso, a pesquisa representa uma ampliação do estudo acadêmico sobre o processo de ruminação, GEE e patentes. Como sugestões de estudos pode-se mencionar a aplicação de uma análise em patentes brasileiras com o objetivo de verificar a situação real do desenvolvimento de tecnologias associadas ao metano oriundo de bovinos e ruminantes e um estudo de caso em indústrias familiares que utilizam alguma sistema para o controle e diagnóstico da digestão animal com o intuito representativo do custo, manutenção e processo tecnológico em condições de campo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. C. F. Evidências Teóricas para compreensão da inovação aberta (open innovation) nas organizações. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 5, n.1 p. 31-42, 2015.
- BARIONI, L.G. et al. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: Greenhouse Gases and Animal Agriculture Conference, 2007, Christchurch, New Zealand. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2007.
- BELL, M. & PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. **Industrial and corporate change**, vol 2, n 2, Oxford University Press, 1993, pp. 157-210.
- BERNDT, A.; LEMES, A. P.; SAKAMOTO, L. S.; ANCHÃO, P. P. **The impact of Brazilian livestock production on global warming**. São Carlos, SP: EMBRAPA. Pecuária Sudeste, 2014. 20p.
- CHESBROUGH, H.W. **Open Innovation: The new imperative for creating and profiting From**. Harvard Business, 2006.
- COOPER, R. G. Benchmarking new product performance: results of the best practices study. **European Management Journal**, 1998, v.16, n.1, p.1-17.
- DI BENEDETTO, C.A. Identifying the key success factors in new product launch. **Journal of Product Innovation Management**, 1996, v.16, p.530-544.
- ERNST, H. Success factors of new product development: a review of the empirical literature. **International Journal of Management Reviews**, 2002, v.4, p.1-40.

FREEMAN, Christoph. **Technology policy and economic performance**. Londres: Pinter Publishers London and New York, 1987.

GREGORINI, P.; RUE, B.D.; POURAU, M.; GLASSEY, C.; JAGO, J. A note on rumination behavior of dairy cows under intensive grazing systems. **Livestock Science**, vol.158, p. 151-156, oct. 2013.

HAMEL, G. The why, what and how of innovation management. **Harvard Business Review**, 2006, v. 84, n. 2, p. 72-84.

HASHIM, M. K.; MUSTAFA, Z.; FAWZI, D. A. Relationships between organizational structure, human resource practices and organizational culture. **Journal of Technology Management Entrepreneurship**, 2005, v.1, n.1.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JACOB, P. P.; TOL, V. D. **Method and device for determining greenhouse gas, in particular methane, emitted by a ruminant, in particular a dairy animal**. US. Pat. 9164081B2, 2015.

KELLEY, T. **The Ten Faces of Innovation, IDEO's strategies for beating the devil's advocate & driving creativity throughout your organization**. 1st Edition. London, UK: Profile Books, 2008.

LOPES, A. P. V. V.; CARVALHO, M. M. Evolução da literatura de inovação em relações de cooperação: um estudo bibliométrico num período de vinte anos. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 203-217, 2012.

LOU, G. X.; XIA, H. Y.; ZHANG, J. Q.; FAN, T. J. Investment Strategy of Emission-Reduction Technology in a Supply Chain. **Sustainability**, v. 7, n. 8, 2015.

MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R.; JÚNIOR, R.G.; LOPES, F.C.F.; CHAVES, A. V.; CAMPOS, M. M.; MORENZ, M. J. F. **Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação**

MANUAL DE OSLO. **Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação**. Produção: ARTI e FINEP. 3. ed. 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2015/16 a 2025/26**. 7 ed. Brasília: SPA/MAPA, 2016.

MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 351-365, 2009.

MCTIC. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 3 ed. Brasília: MCTIC, 2016. 85 p.



OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2014. Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012) setor agropecuário. São Paulo, SP: **Observatório do Clima**, 2014. 32p.

OECD, 2014. **OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014**, OECD Publishing. <[http://dx.doi.org/10.1787/sti\\_outlook-2014-en](http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2014-en)>. Acesso em 13 de junho de 2017.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M.;PIRES, M. F. A.;MULLER, M. D. Potencialidades e desafios de sistemas silvipastoris. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA.; 2014, Vitória, ES. **Anais...** maio, 2014.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. Cambridge, UK: **Cambridge Journal of Economics**, January, 2009.

PEREZ, C. The financial crisis and the future of innovation: A view of technical change with the aid of history. Tallinn, Norway: **Working Papers in technology Governance and Economic Dynamics** n. 28, December, 2010.

PORTER, M; KETELS, C. H. M. UK competitiveness: moving to the next stage. **DTI Economics Paper**, 2003, n.3.

RAMAN, S. V. V. et al. A review of climate change, mitigation and adaptation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 878-897, 2012.

RIEG, D. L; ALVES FILHO, A. G. Esforço tecnológico e desempenho inovador das empresas do setor médico-hospitalar localizadas em São Sarlos, SP. **Revista Gestão & Produção**, 2003, v.10, n.3, p.293-310.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SCHÖN, P. C. et al. **Apparatus for recording individual animal behavior parameters of animals**. DE. Pat. 102014003846A1, 2015.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1997. 239p

TERRA, C; FREDERICK, B; VERNALHA, F; ROMÃO, M; MANHÃES, M; LEONARDI, S. **10 Dimensões da gestão da inovação: Uma abordagem para a transformação organizacional**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

TIDD, J; BESANT, J. **Gestão da Inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman editora ltda, 2015.

ZIMMERMAN, P. R. **Method and system for monitoring and reducing ruminant methane production**. US. Pat. 20090288606A1, 2009, 19 p.

\_\_\_\_\_. **Vaccine and health-related applications for ruminant breath monitoring system.** US. Pat. 8453601B2, 2013, 56 p.

高 韜. **Livestock act of networking and computer vision-based intelligent monitoring system.** CN. Pat. 103488148B, 2016, 12 p.

张 中 et al. **Ruminant information acquisition system for ruminant animals.** CN. Pat. 203775250U, 2014, 6 p.