

PRÁTICAS ADOTADAS NA SUINOCULTURA ALINHADAS COM A ECONOMIA CIRCULAR: Uma Revisão Integrativa da Literatura

<http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2021.57.11906>

Recebido em: 5/1/2021

Aceito em: 28/6/2021

Gabriel William Boente Lima,¹ Fabrício Oliveira Leitão,² Warley Henrique da Silva¹

RESUMO

Diferentemente da Economia Linear (EL), baseada na exploração dos recursos naturais para produção de bens, a Economia Circular (EC) visa a eliminar os desperdícios, otimizar recursos e melhorar o *design* dos produtos e processos. A suinocultura é caracterizada pelo seu potencial poluidor, e o problema aumenta pelo fato de a carne suína ser a mais consumida mundialmente, tornando-se fundamental entender o que tem sido feito pelos agentes para mitigar os impactos causados ao meio ambiente. Destarte, o objetivo deste trabalho foi o de identificar quais práticas têm sido adotadas pelos agentes na suinocultura e em que medida estão alinhadas ao que é preconizado pela EC. Para tanto, foi utilizado o procedimento técnico da revisão integrativa da literatura para o levantamento das informações necessárias para atingir o objetivo do trabalho, que teve abordagem quali-quantitativa, caracterizando-se como uma pesquisa básica, exploratória e com recorte transversal. Como principais resultados foram identificadas 14 práticas adotadas pela suinocultura alinhadas ao que é preconizado pela EC, mostrando que há uma evolução dessa cadeia no sentido de uma transição da EL para a EC.

Palavras-chave: Economia circular; sustentabilidade; suinocultura; estrutura ReSOLVE.

PRACTICES ADOPTED IN PIG FARMING IN LINE WITH THE CIRCULAR ECONOMY: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Unlike the Linear Economy (LE), based on the exploitation of natural resources for the production of goods, the Circular Economy (CE) aims to eliminate waste, optimize resources and improve the design of products and processes. Pig farming is characterized by its polluting potential, and the problem is compounded by the fact that pork is the most consumed worldwide, making it essential to understand what has been done by agents to mitigate the impacts caused to the environment. Thus, the aim of this work was to identify which practices have been adopted by agents in swine and to what extent they are in line with what is recommended by CE. To this end, the technical procedure of integrative literature review was used to survey the information necessary to achieve the objective of the work, which had a qualitative and quantitative approach, characterized by a basic, exploratory research, and with a transversal cut. As a main result, 14 practices adopted by pig farming were identified in line with what is recommended by CE, showing that there is an evolution of this chain towards a transition from LE to CE.

Keywords: Circular economy; sustainability; pig farming; ReSOLVE structure.

¹ Universidade de Brasília. Brasília/DF, Brasil.

² Autor correspondente. Universidade de Brasília, Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade (Face) – campus Darcy Ribeiro – Asa Norte. CEP 70910-900. Brasília/DF, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/7050062167480297>. <https://orcid.org/0000-0003-4174-544X>. fabriciofol@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Desde a Primeira Revolução Industrial a humanidade adotou um sistema baseado na extração e uso exacerbado de recursos naturais e no descarte irresponsável de resíduos na natureza, comprometendo os ecossistemas globais (DE JESUS, 2017). No decorrer dos anos, a ação dos seres humanos em relação ao meio ambiente torna-se mais expressiva e, de acordo com Ross (2011), as grandes alterações nas paisagens naturais, causadas pelos homens por conta das apropriações territoriais e de recursos naturais, ocorrem de forma mais intensa que o ritmo da própria natureza, o que limita o ciclo natural do meio ambiente.

Alguns problemas graves que atingem o planeta possuem relações diretas com o modo de produção vigente. Concentrações médias de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e outros gases nocivos, também conhecidos como Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera aumentaram significativamente desde a Primeira Revolução Industrial (IPCC, 2014) e entende-se que o acúmulo desses gases contribui para o efeito estufa, que culmina no aumento da temperatura média do planeta, efeito que já é sentido atualmente (FAO, 2018).

Nas últimas décadas foram feitos esforços para propor um novo modelo de desenvolvimento econômico, social e ambiental, que se distancia da exploração e do desperdício de recursos, buscando um desenvolvimento mais sustentável (DE JESUS, 2017). O modelo econômico convencional, intitulado de Economia Linear (EL), caracteriza-se pelo ciclo de “produzir-usar-descartar (energia ou material)”, que Frosch e Gallopoulos (1989) classificaram como insustentável, por se tratar de um modelo que agride o meio ambiente, gerando resíduos que não podem ser reaproveitados, além de aumentar o lixo ao final de sua vida útil.

Sob a ótica das impossibilidades de perpetuar o modelo econômico convencional, a abordagem da Economia Circular (EC) ganha destaque nos debates globais que buscam um norte mais sustentável para o futuro (DE JESUS, 2017).

A EC oferece uma nova e diferente abordagem sobre os sistemas organizacionais e operacionais de produção e consumo, propondo que estes sejam voltados para a restauração do valor dos recursos usados (JABBOUR *et al.*, 2018). A EC é restaurativa e regenerativa, com objetivo de manter produtos e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor pelo máximo tempo possível, distinguindo entre ciclos técnicos e biológicos, e busca, no fim das contas, dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos (EMF, 2015). A EC muda a lógica econômica vigente, pois substitui a produção tradicional por autossuficiente (STAHEL, 2016).

As práticas da EC têm sido exploradas, quase que de forma exclusiva por profissionais e empresas voltadas ao mercado, ao passo que o conteúdo da pesquisa acadêmica permanece majoritariamente inexplorado (KORHONEN; HONKSALO; SEPPALA, 2017), principalmente no que se refere às melhores práticas.

De acordo com o Relatório Anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), o Brasil é o 4º maior produtor e exportador mundial de carne suína, com o mercado asiático sendo o maior comprador, tendo adquirido cerca de 800 mil toneladas no ano de 2020 (ABPA, 2021). De acordo com o boletim informativo da balança comercial brasileira do agronegócio (FIESP, 2020), em maio de 2020 o Brasil exportou 101 mil toneladas de carne suína, um aumento de 50,9% em relação a maio de 2019, e durante o período de janeiro a maio de 2020 foram

exportadas 378 mil toneladas de carne suína, um aumento de 34% em relação ao mesmo período do ano anterior.

Uma produção sustentável de carne suína faz entender que é necessário utilizar todos os recursos e insumos de forma racional e sustentável, principalmente os provenientes do meio ambiente, sendo fundamental compreender o processo da suinocultura de forma sistêmica, concentrando-se em todo o ciclo produtivo, que vai desde o manuseio dos insumos até o posterior tratamento dos dejetos.

Um dos gargalos ambientais mais relevantes da suinocultura está relacionado ao manejo dos dejetos dos animais (fezes e urina), além dos restos da alimentação consumida pelos animais, que, se não forem devidamente tratados, causam danos ambientais relevantes. De acordo com Cardoso, Oyamada e Silva (2015), alguns dos problemas ambientais gerados pelo manuseio incorreto dos dejetos suínos são o desequilíbrio ambiental, a contaminação do lençol freático, a erosão do solo pelo acúmulo de substâncias tóxicas, a poluição olfativa, a emissão exacerbada de GEE, além da transmissão de doenças, tanto em animais quanto em seres humanos.

A produção de suínos intensificou-se vertiginosamente nos últimos 50 anos, e gerou um aumento dos impactos ambientais provenientes desta atividade (ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2016). Noya *et al.* (2017) mostram que a produção de carne de suína é a segunda atividade que mais contribui para emissões de GEE do setor pecuário. De acordo com MacLeod *et al.* (2013), a produção suína, em âmbito global, produz o equivalente a 668 milhões de toneladas de CO₂ por ano. Adicionalmente, Pirlo *et al.* (2016) enumeram algumas resoluções do Parlamento europeu para tratar do assunto dos impactos ambientais da cadeia produtiva de suínos, como a introdução de plantas de criação intensivas, com o intuito de reduzir os GEEs no ambiente e melhorar a eficiência dos recursos.

Diante do exposto, torna-se importante levantar informações sobre como está se dando a transição da EL para a EC, e há indícios de que existem práticas adotadas na produção de suínos compatíveis com o que é preconizado pela EC. Diante dessas lacunas, e baseado na necessidade de melhor entender o que tem sido estudado sobre a EC associado à suinocultura, o objetivo deste trabalho foi identificar as práticas que têm sido adotadas nessa atividade e saber em que medida estão elas alinhadas ao que é preconizado pela EC.

Do ponto de vista ambiental, as principais contribuições do estudo são elucidar as práticas que contribuem para mitigar os efeitos nocivos da suinocultura ao ambiente, especialmente na questão do manejo dos dejetos e nas emissões de GEE. Do ponto de vista econômico, as principais contribuições são entender como as práticas podem contribuir com a redução de custos da suinocultura e nas possibilidades de transformar os dejetos em produtos economicamente exploráveis. Do ponto de vista social, identificar como as práticas podem trazer geração de emprego e renda para os produtores rurais.

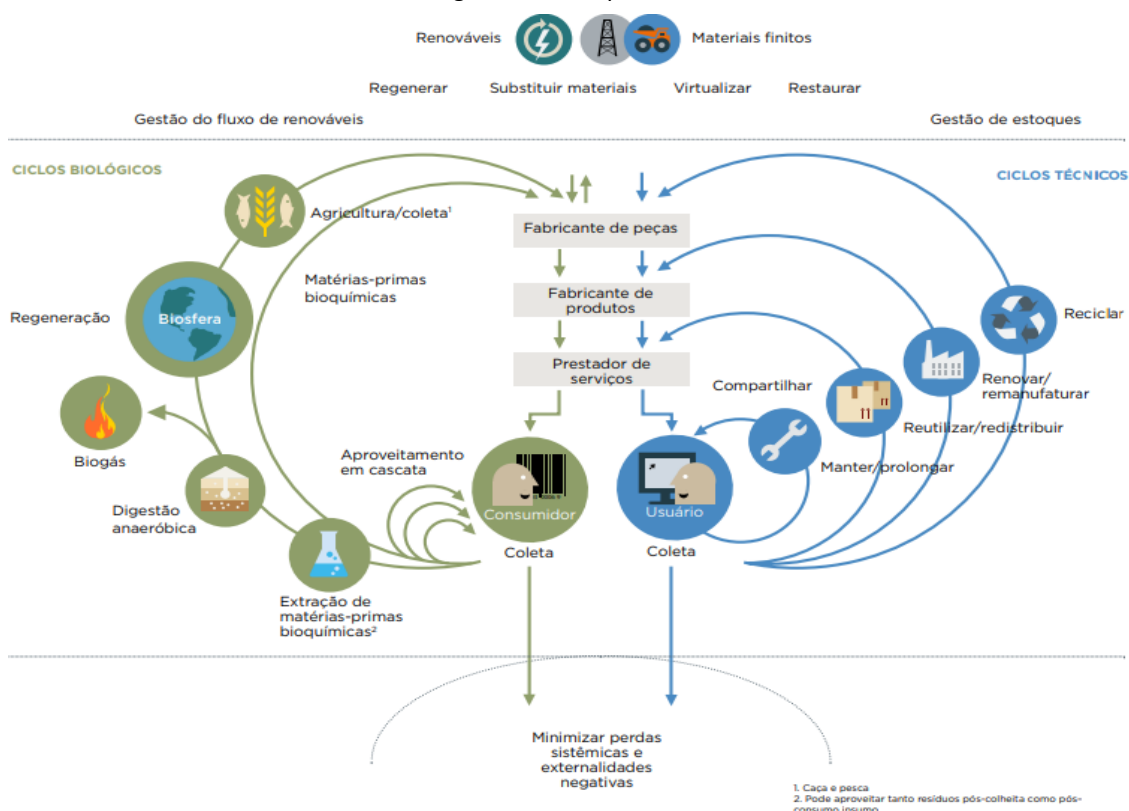
ECONOMIA CIRCULAR

A EC é inspirada em ecossistemas naturais que propõem um novo tipo de economia regenerativa em um esforço de repensar toda a vida de um produto (DE JESUS, 2017). Segundo a *Ellen McArthur Foundation* (EMF, 2015) e Van Buren *et al.* (2016), a EC é restaurativa e regene-

rativa por princípio, com o objetivo de manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo.

No intuito de analisar a EC sobre o prisma da *triple-bottom-line* e sobre a evidência quantitativa dos seus benefícios, algumas estruturas e ferramentas foram desenvolvidas, no intuito de auxiliar as organizações e governos na criação de processos, projetos e produtos circulares (JABBOUR *et al.*, 2019). Duas das ferramentas mais difundidas são os “3 princípios da EC” (Figura 1) e a “Estrutura ReSOLVE”, propostos pela própria *Ellen McArthur Foundation*.

Figura 1 – Princípios da EC



Fonte: EMF (2015).

De acordo com a EMF (2015), os 3 Princípios da EC são: “Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis” (Princípio 1); “Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico” (Princípio 2); “Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio” (Princípio 3).

Para EMF (2015), aplicar esses princípios significa criar uma economia que seja restaurativa e regeneradora, que preserve os ecossistemas e aumente seu retorno ao longo do tempo, que crie prosperidade e que estimule o crescimento capturando mais valor da infraestrutura e dos produtos existentes.

Além deste, a EMF (2015) propõe uma tradução dos princípios citados em seis “ações de negócios”: Regenerar, Compartilhar, Otimizar, Ciclar, Virtualizar e Trocar. Essas seis ações, em

conjunto, formam a que foi denominado Estrutura ReSOLVE (sigla, em inglês, para *regenerate, share, optimize, loop, virtualize and exchange*), que proporciona a empresas e governos uma ferramenta para a geração de estratégias circulares e iniciativas voltadas para o crescimento, sendo:

Regenerar: está preocupada diretamente com os ecossistemas, por isso sugere que a força dos ecossistemas seja restaurada mediante a correta devolução dos resíduos biológicos à biosfera. Há uma indicação de utilizar recursos renováveis como insumos para matrizes energéticas, entre outros produtos, sempre respeitando o princípio da correta devolução dos resíduos naturais ao meio ambiente.

Compartilhar: propõe que haja compartilhamento de produtos ou serviços entre si, além de incentivar o uso de produtos de segunda mão, investindo em manutenções preventivas e objetivando um maior tempo de duração dos materiais no ciclo.

Otimizar: foca na otimização do processo produtivo em si, aumentando sua performance e eficiência e reduzindo os desperdícios gerados.

Ciclar: recomenda que os materiais não renováveis permaneçam o máximo de tempo possível dentro do ciclo, seja reutilizando, remanufaturando ou reciclando, ao passo que, nos materiais renováveis, seja utilizada digestão anaeróbia no tratamento dos resíduos e, também, que sejam extraídas as substâncias bioquímicas dos resíduos orgânicos.

Virtualizar: propõe uma desmaterialização, ou seja, transferir o que for possível do mundo real e físico para o virtual, dando espaço para novas tecnologias que permitam reduzir o consumo de espaço físico e materiais.

Trocar: incentiva o uso de novos materiais, mais avançados e duradouros, ao invés dos materiais convencionais, como a substituição de carros convencionais por elétricos.

A efetivação de ações relacionadas à estrutura ReSOLVE abre espaço para oportunidades de redução de impactos ambientais, além de ganhos econômicos e sociais.

Destarte, a análise da estrutura ReSOLVE à luz das práticas que têm sido adotadas atualmente na suinocultura mundial torna-se relevante para saber se essa cadeia está adotando práticas que estejam alinhadas ao que é preconizado pela EC e, conseqüentemente, reduzindo os impactos causados ao meio ambiente.

SUINOCULTURA E O PANORAMA AMBIENTAL

Sobre as questões relacionadas ao meio ambiente, a produção de suínos apresenta-se como potencialmente poluidora (LEITÃO; DIAS; BRISOLA, 2020), sobretudo quando observa-se o panorama brasileiro a partir da década de 70, que foi o momento no qual a suinocultura começou a tomar escala, reduzindo a parcela da produção voltada à subsistência (ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2016).

A partir da modernização da suinocultura e da produção intensiva e em grande escala, a questão dos dejetos suínos torna-se relevante, pois o manejo começou a ser utilizado de forma líquida, o que dificultou o descarte, que precisa ser adequado, uma vez que o manejo e descarte inadequados dos dejetos pode provocar danos ambientais sérios na água (contaminação de rios

e lençóis freáticos), terra (aumento nas concentrações de nitrogênio e fósforo) e ar (aumento na emissão de GEE e do mau cheiro na região) (ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2016).

Conforme informado em tópicos anteriores, a pecuária contribuiu com 14% do total de emissões globais no período antropogênico, com a América Latina e Caribe sendo as regiões do planeta que mais contribuem com emissões de gases nocivos na atmosfera, com o total de 1,9 gigatoneladas equivalentes de CO₂ (FAO, 2018).

O aumento das emissões de GEE na atmosfera acarreta no aumento da temperatura e variações nas precipitações, o que prejudica a agropecuária, pois isso favorece o surgimento de novas doenças, estresse causado pelo calor, baixa na produtividade do rebanho, mudança na disponibilidade da água (secas e alagamentos), o que afeta a fauna e a flora locais, além da própria saúde dos seres humanos (FAO, 2018).

Apesar dos problemas atuais, acredita-se que a adoção de tecnologias e práticas já existentes que melhorem a eficiência da produção pecuária poderia reduzir em 30% o total de emissões de GEE desse segmento (FAO, 2018). A introdução e a disseminação destas práticas, contudo, requerem transferência de tecnologia e conhecimento, o que exigiria um esforço de agentes governamentais com incentivos e um ambiente regulatório favorável (FAO, 2018). Nesse sentido, o Brasil, por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, propôs o Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que teve o intuito de “organizar o planejamento das ações a serem realizadas para adoção das tecnologias sustentáveis de produção selecionadas para responder aos compromissos assumidos pelo país de redução de emissão de GEE no setor agropecuário” (BRASIL, 2012). De acordo com Monteiro, Dourmad e Pozza (2017), a partir de 2015 o Plano ABC teve o lançamento do programa “Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono”, que visava à difusão de tecnologias sustentáveis na produção de suínos no país, além de incentivos financeiros aos produtores para terem acesso a essas tecnologias.

Tendo estas questões em vista, é possível entender que a Economia Circular, por favorecer práticas eficientes de produção, pode ser uma ferramenta útil para a suinocultura no mundo, que já conhece os problemas e consequências do atual sistema produtivo, conforme explicado neste tópico.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à abordagem, esta pesquisa classifica-se como quali-quantitativa. Quanto à natureza, como pesquisa básica. Quanto aos objetivos, como exploratória. Quanto aos procedimentos técnicos foi realizada uma revisão integrativa da literatura (RIL), que será detalhada na sequência. O recorte da pesquisa foi transversal.

A análise por meio de estatística descritiva foi escolhida por permitir uma análise dos artigos no sentido de levantar aspectos comparativos do ano de publicação, de suas abordagens metodológicas, entre outros aspectos quantitativos que fizeram parte da análise. Os artigos foram agrupados de acordo com seu título, ano de publicação, tipo de pesquisa e metodologia, nome do periódico e seu Qualis e o país onde o estudo foi realizado.

Após a tabulação, foram elaboradas tabelas e figuras a partir da contagem das categorias criadas. Com o uso da técnica de Análise do Discurso, os trabalhos foram agrupados em categorias a partir da estrutura ReSOLVE (regenerar, compartilhar, otimizar, ciclar, virtualizar e trocar).

Cada artigo selecionado foi lido na íntegra e recortados os principais argumentos qualitativos identificados. Após o recorte, os argumentos foram organizados de acordo com a categoria correspondente na estrutura ReSOLVE. Na sequência, cada uma das categorias foi analisada com o intuito de correlacionar os argumentos e os principais achados, a fim de atingir o objetivo desta pesquisa.

Existem quatro tipos de revisão da literatura: (1) revisão narrativa ou tradicional da literatura; (2) revisão sistemática da literatura (CRONIN, RYAN; COUGHLAN, 2008); (3) revisão integrativa da literatura (WHITTEMORE; KNAFL, 2005), e (4) revisão terciária da literatura.

A revisão sistemática de literatura caracteriza-se por etapas bem definidas e criteriosamente estruturadas no processo de busca e análise de informações sobre o assunto investigado, com foco em artigos empíricos. Já a RIL mantém o rigor da revisão sistemática e permite incluir artigos teóricos e empíricos para análise. Considerando que nesta pesquisa optou-se por manter artigos teóricos e empíricos, foi escolhida a RIL, seguindo a rigidez do protocolo de Cronin, Ryan e Coughlan (2008), detalhado a seguir.

De acordo com esse protocolo devem ser seguidos os seguintes procedimentos: (i) formular a pergunta de pesquisa; (ii) definir critérios de inclusão ou exclusão; (iii) selecionar e acessar a literatura; (iv) avaliar a qualidade da literatura incluída na avaliação; (v) analisar, sintetizar e divulgar os resultados (CRONIN; RYAN; COUGHLAN, 2008). A seguir apresentam-se os procedimentos utilizados nesta pesquisa.

- a. *Formular a Pergunta de Pesquisa:* Quais as práticas têm sido adotadas pela suinocultura no sentido de contribuir para o alinhamento com a EC?
- b. *Definir Critérios de Inclusão ou Exclusão:* As palavras-chave, em Português, procuradas foram: “Produção”, “Práticas”, “Estratégia”, “Sustentável”, “Gestão”, “Suínos”, “Suinocultura”; as palavras-chave, em Inglês, foram: “Production”, “Practices”, “Strategies”, “Sustainable”, “Management”, “Pig”. As palavras “Suínos” e “Suinocultura”, para pesquisas em Português, e “Pig” para pesquisas em Inglês, foram mantidas nas buscas, sendo combinadas com as outras palavras-chave, indicadas anteriormente.

Foram utilizadas palavras-chave em Português e Inglês para que fossem encontrados ensaios com o intuito de fortalecer a amostra e realizar um comparativo com as práticas entre as diferentes regiões no mundo. Foram utilizados os operadores booleanos “E”, para pesquisas em Português, e “AND”, para as pesquisas em Inglês, para conectar as palavras-chave.

A incidência das palavras-chave foi somente no título, com o intuito de selecionar a literatura que estivesse em harmonia com o tema e que fosse específica o suficiente para evitar que muitos trabalhos desconexos retornassem. O recorte temporal para os trabalhos foi entre os anos de 2014 e 2019, 6 anos completos, no intuito de que retornassem os trabalhos mais atuais sobre o tema.

Após o retorno da busca dos artigos, foi realizada a leitura dos títulos e resumos de todos para selecionar os trabalhos que se enquadrassem na temática proposta. Foram aceitos apenas artigos publicados em periódicos classificados pelo sistema Qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) com notas dos estratos A1, A2, B1 e B2 (atualmente classificados como A1, A2, A3 e A4, respectivamente), sendo então compostos pelos estratos mais qualificados. Não foram considerados artigos de anais de

congressos, teses, dissertações, textos jornalísticos e outros extratos abaixo dos estipulados anteriormente.

Foram utilizadas, para a busca, Bases de Dados Nacionais (BDN) e Internacionais (BDI), sendo elas: Base de Dados de Pesquisa Agropecuária (BDN), *Google Acadêmico* (BDN e BDI); *Emerald Insight* (BDI); (v) *SciELO* (BDN e BDI); (vi) *ScienceDirect* (BDI).

- c. *Selecionar e Acessar a Literatura*: No primeiro momento foram lidos o título, o resumo e as palavras-chave da obra. Se estivessem de acordo com o objetivo do trabalho, o artigo seria selecionado para leitura e completa.
- d. *Avaliar a Qualidade da Literatura Incluída na Avaliação*: Após os primeiros filtros, os trabalhos selecionados passaram para o segundo filtro, quando foram lidos, além do título e resumo, a introdução e as conclusões. Se o artigo estivesse de acordo com o objetivo do trabalho, seria selecionado, caso contrário, seria descartado.
- e. *Analisar, Sintetizar e Divulgar os Resultados*: Essa etapa compreendeu a análise detalhada e completa de cada trabalho, fazendo-se necessária leitura na íntegra e a interpretação dos trabalhos publicados para que fosse possível extrair as práticas relevantes encontradas na literatura sobre a suinocultura que estivessem alinhadas com a EC, o que acarretou na seção que discute os resultados desta RIL, agrupando-os dentro das ferramentas de EC e tecendo comentários sobre as principais abordagens direcionadas ao tema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das buscas feitas nas bases de dados em Português. Na Tabela 2 os resultados das buscas em Inglês.

Tabela 1 – Retorno da busca em Português

Constructos	BDPA	Google Acadêmico	SciELO	Total Geral
Produção E Suínos	7	85	14	106
Produção E Suinocultura	1	29	0	30
Práticas E Suínos	0	3	1	4
Práticas E Suinocultura	0	1	0	1
Estratégia E Suínos	0	6	2	8
Estratégia E Suinocultura	0	0	0	0
Sustentável E Suínos	0	2	0	2
Sustentável E Suinocultura	0	2	0	2
Gestão E Suínos	0	5	0	5
Gestão E Suinocultura	1	4	0	5
Total	9	137	17	163

Fonte: Elaboração própria.

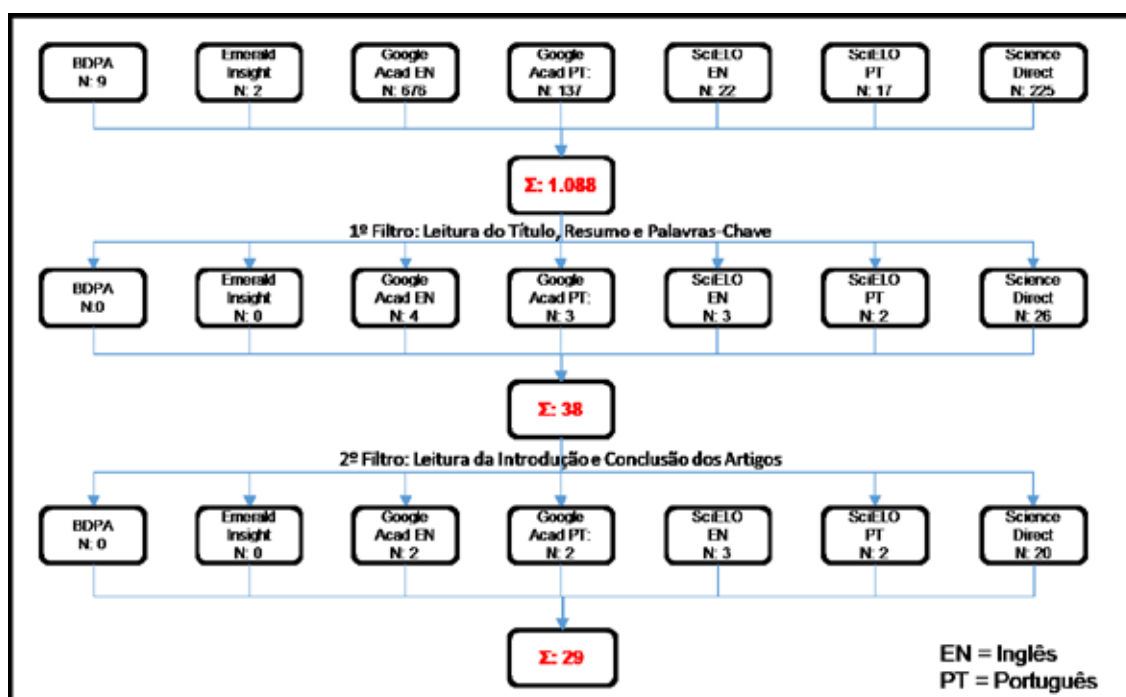
Tabela 2 – Retorno da busca em Inglês

Constructos	<i>Emerald Insight</i>	Google Acadêmico	<i>SciELO</i>	<i>Science Direct</i>	Total Geral
<i>Production AND Pig</i>	1	449	14	149	613
<i>Practices AND Pig</i>	0	69	0	11	80
<i>Strategies AND Pig</i>	0	36	2	25	63
<i>Sustainable AND Pig</i>	0	14	1	12	27
<i>Management AND Pig</i>	1	108	5	28	142
Total	2	676	22	225	925

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 1 e 2 mostram que retornaram 1.088 artigos no total, com 69 trabalhos repetidos (artigos que aparecem em mais de uma base), todos eliminados no primeiro filtro. A Figura 2 apresenta o processo de triagem realizado, de forma resumida.

Figura 2 – Triagem da RIL



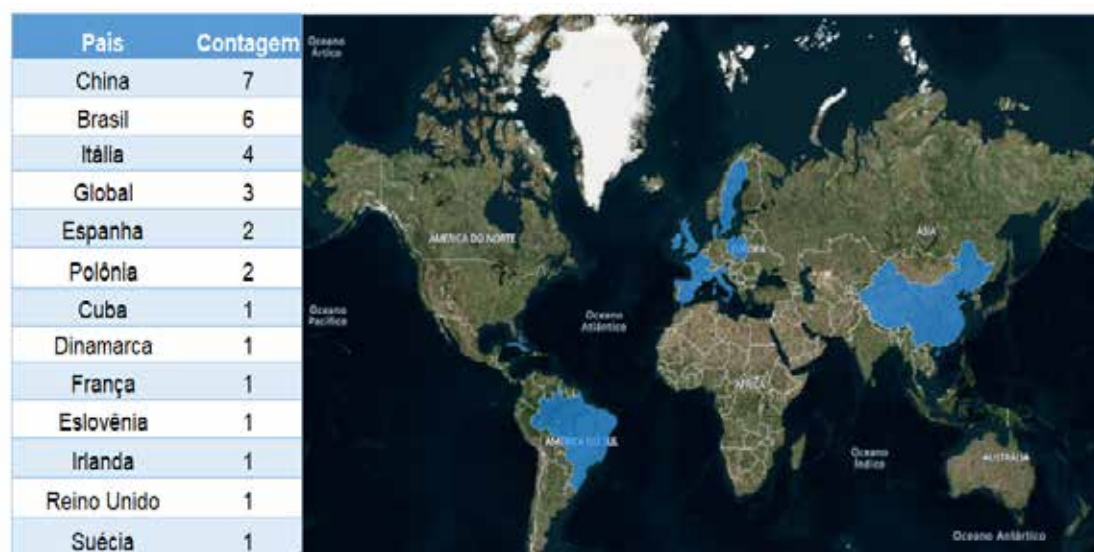
Fonte: Elaboração própria.

Foram selecionados 29 artigos que atendiam plenamente aos objetivos desta pesquisa, que foram lidos na íntegra e fizeram parte da análise dos resultados deste trabalho.

Os resultados mostram uma evolução das publicações ao longo dos anos. Nota-se que 2016 e 2017 foram os que tiveram mais publicações (6). Adicionalmente, 2014 (3), 2015 e 2018 (5), e 2019 (4). Não há uma causalidade aparente entre 2016 e 2017 terem mais publicações, mas o pacto do Acordo de Paris, em 2015, pode ter influenciado o interesse da comunidade acadêmica sobre como a suinocultura influencia alguns aspectos relacionados ao tema.

A Figura 3 apresenta a quantidade de trabalhos realizados por país.

Figura 3 – Distribuição geográfica dos países onde as pesquisas foram realizadas



Fonte: Elaboração própria.

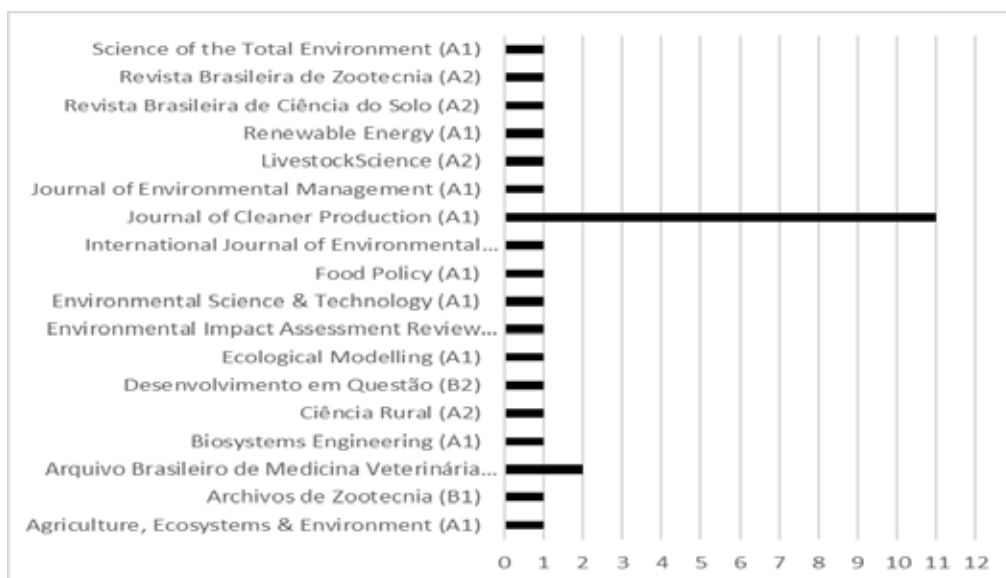
A categoria “Global” refere-se aos trabalhos em que não foram mencionados os países de sua realização devido à generalização de nível global das informações. Adicionalmente, apenas um trabalho foi realizado em três países, o artigo de Monteiro *et al.* (2019), realizado em fazendas na França, Itália e Eslovênia.

A Figura 3 mostra que a China foi o país no qual mais trabalhos foram realizados (7), seguido do Brasil (6). Isso pode estar relacionado ao fato de esses dois países estarem entre os com maior produção e consumo de carne suína no mundo. Outro ponto a se destacar é que foram obtidos trabalhos de três continentes: América (Brasil e Cuba), Ásia (China) e Europa (Dinamarca, Eslovênia, Espanha, França, Holanda, Irlanda, Itália, Polônia, Reino Unido e Suécia), mostrando a abrangência e importância dada ao tema pelo mundo.

Outra informação importante diz respeito ao Qualis do artigo, que diz respeito à qualidade onde o trabalho foi publicado. Dos 29 artigos, 21 (70%) foram publicados em periódicos avaliados com a classificação máxima pela Capes (A1). Ademais, 6 trabalhos foram publicados em revistas A2, 1 trabalho em periódico B1 e 1 em B2.

Adicionalmente, a Figura 4 mostra que 11 dos 29 trabalhos foram publicados no periódico *Journal of Cleaner Production*, 38% do total. O restante dos estudos foram publicados em periódicos das mais diversas áreas de conhecimento, o que mostra a heterogeneidade e transversalidade do tema. Essa hegemonia da *Journal of Cleaner Production* está relacionada ao fato de este periódico ter como foco questões relacionadas ao meio ambiente.

Figura 4 – Quantidade de publicações por periódicos da RIL

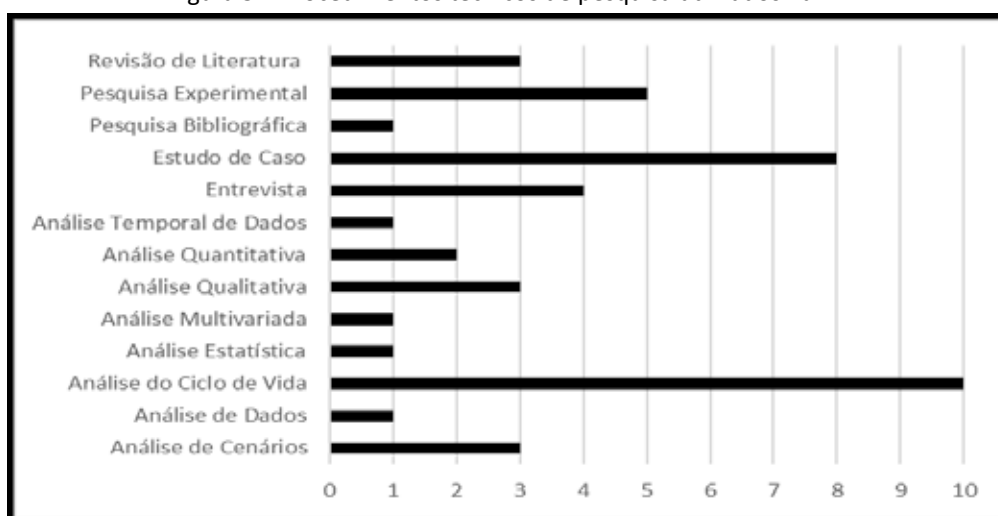


Fonte: Elaboração própria.

Quanto à abordagem foi possível verificar que 15 trabalhos utilizaram uma abordagem quantitativa, 6 uma abordagem qualitativa e 8 uma abordagem quali-quantitativa.

O grande número de pesquisas quantitativas está ligado ao fato de o procedimento técnico mais utilizado nos trabalhos ter sido a Análise do Ciclo de Vida (ACV), que tem uma abordagem quantitativa, como pode ser observado na Figura 5. Novamente pode-se observar a heterogeneidade dos procedimentos utilizados. Vale ressaltar que, em alguns estudos, mais de um procedimento técnico foi utilizado em um único trabalho, como o trabalho de McAuliffe *et al.* (2017), que combina a metodologia de Análise do Ciclo de Vida com uma Análise de Cenários com dados da indústria de suínos irlandesa; outro exemplo é o estudo de Noya *et al.* (2017), que realiza uma Análise do Ciclo de Vida em um Estudo de Caso em uma criação de suínos na região da Galícia, na Espanha.

Figura 5 – Procedimentos técnicos de pesquisa utilizados na RIL



Fonte: Elaboração própria.

Constata-se aqui a quantidade de trabalhos realizados utilizando o procedimento técnico da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), 10 no total. De acordo com Coelho Filho, Saccaro Júnior e Luedermann (2016), a ACV é uma ferramenta de gestão que mensura entradas e saídas em um sistema de produção, com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental dos produtos durante as diversas etapas do seu ciclo de vida, identificando onde há maior probabilidade de ocorrer impacto ambiental.

Assim como a EC, a ACV trata de questões ambientais e os impactos que uma cadeia produtiva pode causar, porém cabe ressaltar que enquanto a EC tem foco na análise “do berço-ao-berço”, ou seja, acompanhar a concepção do produto até ele ser responsável pela concepção de outro produto, visando ao “fechamento” do ciclo sem descarte, a ACV, segundo Coelho Filho, Saccaro Júnior e Luedermann (2016), faz a análise “do berço-à-sepultura”, acompanhando desde a concepção até um fim do ciclo de vida do produto, quando ele é descartado e reciclado, o que deixaria o ciclo “aberto”. A principal diferença da abordagem da EC para a ACV é em como elas lidam com a parte final do ciclo de um produto ou cadeia, porém as duas mantêm o foco na redução dos impactos ambientais.

Análise dos resultados à luz da estrutura ReSOLVE

Nesta seção foi feita uma análise do discurso dos trabalhos selecionados na RIL, sendo agrupados segundo os conceitos preconizados pela estrutura ReSOLVE.

Regenerate (Regenerar)

“Regenerar” refere-se à devolução correta dos resíduos ao ecossistema, recuperando os recursos biológicos. Um dos pontos que merecem análise sobre esse tema em uma produção agropecuária está em como ela lida com o ecossistema no qual está inserida. Adicionalmente, e não menos importante, carece de uma análise sobre a possibilidade do uso de energias renováveis, a qual foi constatada nos trabalhos de Lijó *et al.* (2014) e Coca *et al.* (2016), que mostraram a importância da prática da conversão dos dejetos suínos em produção de biogás.

Sobre a mudança para o uso de materiais renováveis, Wright e Østergård (2015) fizeram uma comparação de estratégia de uso de insumos renováveis entre três tipos de sistemas dinamarqueses de produção suína (orgânico pequeno, orgânico grande e convencional) e a conclusão foi que o sistema pequeno de produção orgânica teve o melhor desempenho (no modelo de avaliação energética), pelo fato de ter o maior uso de recursos locais renováveis, revelando-se esta, também, uma prática de regeneração, indo ao encontro do que é preconizado pela EC, pois usa insumos renováveis em sua produção, os quais diminuem o impacto ambiental.

Share (Compartilhar)

Este item refere-se ao prolongamento do tempo de vida útil de um produto ou sistema, por meio do compartilhamento. Foram identificadas nos trabalhos de Silva *et al.* (2017), Borges *et al.* (2018), Ji, Jia e Xu (2018) e Ji *et al.* (2019) práticas exitosas de sistemas cooperativos, que fazem o compartilhamento de informação, instalações, máquinas, equipamentos, insumos, processos produtivos, tecnologias, entre outros, acarretando em resultados positivos para os

produtores e para o meio ambiente, indo ao encontro do que é preconizado pela EC. A prática do uso de sistemas de cooperativas é consagrada mundialmente. Vale destacar que nos quatro trabalhos em que foram citadas, dois são do Brasil e dois da China, indicando que esses países buscam dar uma atenção especial a este tema.

Além das práticas de compartilhamento por meio das cooperativas, Wei *et al.* (2016) mostraram o caso da política para a integração regional de Pequim-Tianjin-Hebei como uma opção de desenvolvimento colaborativo entre províncias, em que Pequim forneceria tecnologia, indústria e talento a Tianjin e Hebei, ao passo que Hebei forneceria terras e alimentos para Pequim para a produção animal. Tal política pública colaborativa, que incentiva a troca entre regiões, ajudou na mitigação da pressão sobre o ambiente e os recursos urbanos.

Já Zhuo e Ji (2019) mostraram que usando a coordenação da cadeia de suprimentos, as empresas transferem suas boas práticas sustentáveis para outras partes interessadas da cadeia, especialmente para os agricultores situados a montante com os quais colaboram. Com essa integração e coordenação da cadeia de suprimentos, o compartilhamento de melhores informações e técnicas entre os agentes contribui para a “circularidade” da cadeia.

Optimize (Otimizar)

Otimizar está associado ao aumento da eficiência por meio da redução de desperdícios ou melhoria no desempenho. Na produção de suínos, o rearranjo e a otimização das instalações impactam a eficiência da criação de suínos, que se enquadra ao que é preconizado pela EC. Philippe e Nicks (2015) mostraram que as emissões de GEE das instalações da criação de suínos são reduzidas quando melhoradas as condições do piso, do manejo do esterco, a nutrição dos animais e a melhoria das condições climáticas das instalações.

Sobre as condições climáticas nos sistemas habitacionais, Philippe e Nicks (2015) alegam que a otimização do aquecimento e ventilação trazem efeitos benéficos nos níveis de emissão de GEE, além reduzir os custos com energia, sendo considerada ambiental e economicamente vantajosas. Os autores elencam algumas boas práticas para esta otimização, que incluem: isolamento do edifício, adaptação a fatores internos (densidade dos suínos) e externos (estação do ano e clima), gerenciamento da circulação de ar e monitoramento regular dos dispositivos de ventilação.

Quanto à otimização das instalações, Consoni *et al.* (2015) mostram os benefícios do modelo de produção *Wean-to-Finish* (WF), que busca ganho produtivo e logístico, além da redução do estresse dos animais. Os autores concluem que o modelo WF trazem redução de custos e do impacto ambiental.

Bai *et al.* (2014) concluíram que, quando combinadas a adoção de instalações para suínos com baixa emissão de gases e armazenamento de esterco, e a melhoria de fertilizantes, ração e manejo do rebanho, as perdas de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) diminuem consideravelmente.

Quanto à alimentação, Wang *et al.* (2015) mostraram que a melhoria da composição da refeição é um dos pontos mais importantes para a otimização do sistema de criação de suínos em larga escala, juntamente com a produtividade do trabalho na etapa de finalização do crescimento dos animais. Adicionalmente, Coca *et al.* (2016) argumentam que aditivos nutricionais estão sendo utilizados pelos produtores de suínos para obter melhor aproveitamento e assimi-

lação dos nutrientes dos animais, e indicam que o uso de uma dieta baseada em energia líquida contribui para uma posterior produção de biogás, por meio do uso dos dejetos em biodigestor. Não obstante, McAuliffe, Chapman e Sage (2016) e Monteiro *et al.* (2019) destacam que a inclusão de aminoácidos sintéticos na dieta dos suínos resulta em uma menor necessidade de proteína bruta, e a utilização dos dejetos suínos como fonte de biogás na digestão anaeróbica demonstra melhorias potenciais no desempenho ambiental da produção de suínos.

Ainda sobre a nutrição animal, Wei *et al.* (2016) observam que melhorar a alimentação animal (com a alimentação de precisão) e a reciclagem de estrume (com uso dos dejetos nas plantações como adubo) por meio de uma maior integração de fazendas agrícolas e animais, são essenciais para aumentar o desempenho ambiental, econômico e social das fazendas.

Pirlo *et al.* (2016) também se posicionam a favor da otimização da alimentação dos suínos e mostram que a introdução de aminoácido sintéticos na dieta suína diminui a necessidade de proteína, reduzindo a excreção de N por parte dos animais e, conseqüentemente, as emissões de gases nitrosos que poluem a atmosfera. Adicionalmente, Bava *et al.* (2017) ressaltam que os componentes alimentares da dieta suína são os principais contribuintes de todas as categorias de impacto na cadeia produtiva, argumentando que as substâncias que contribuem para os principais impactos são compostos de N, e um uso mais eficiente desta substância na dieta, com a diminuição do nível de consumo de proteína e a otimização baseada em aminoácidos na fase fisiológica do animal traz melhorias para o meio ambiente.

Monteiro, Bertol e Kessler (2017) argumentam que a alimentação de precisão traz benefícios no que respeita à eficiência do N na suinocultura. Segundo os autores, a alimentação de precisão pode ser uma ferramenta que ajuda na avaliação das necessidades nutricionais de cada animal, que ao ser ajustada, ajuda na eficiência do N, reduzindo a excreção dos suínos.

Borges *et al.* (2018) mostram duas práticas que visam à otimização da criação dos suínos ao diminuir o consumo diário de ração e aumentar a conversão alimentar: a primeira é utilizar baias com capacidade inferior a 20 animais; a segunda é a utilização do comedouro do tipo basculante. Sobre a primeira, argumentam que uma alta lotação pode afetar negativamente o desempenho e a sanidade dos animais, gerando estresse animal. Com relação ao uso do comedouro basculante, apresentaram resultados positivos na conversão alimentar e queda no consumo diário de ração.

Outro estudo interessante sobre a alimentação, de Labajova *et al.* (2016), mostrou que a produção de ração própria, ao invés de terceirizada, assim como uma melhor gestão da nutrição animal, como o controle da alimentação de forma restritiva em algumas fases, trazem efeitos positivos na eficiência e, conseqüentemente, na redução dos impactos ambientais.

McAuliffe *et al.* (2017) fizeram um estudo para mensurar os impactos ambientais das atividades operacionais da suinocultura e concluíram que eficiência operacional e sustentabilidade ambiental possuem correlação positiva, sugerindo que uma combinação de melhorias na formulação de alimentos, operação agrícola e gerenciamento de resíduos fora da fazenda é a chave para garantir a produção sustentável de suínos.

Destarte, foram encontradas cinco práticas de EC sobre o princípio *Optimize* da estrutura ReSOLVE, ou seja: uso de alimentação otimizada/aditivada e de precisão; otimização do arranjo de instalações; otimização dos fatores térmicos das instalações; gestão da produção e a coordenação da cadeia de suprimentos.

A prática de alimentação otimizada e de precisão foi a mais citada nos trabalhos selecionados, seguida da prática de aplicação direta dos dejetos ou de uso de biodigestores nas plantações. Esses resultados indicam uma maior atenção dada a essas duas práticas atualmente, notadamente porque trazem resultados positivos na redução dos custos de produção e otimizam a relação com o meio ambiente. Adicionalmente, a alimentação otimizada e de precisão traz benefícios para a suinocultura, seja com os ganhos biológicos dos suínos que se alimentam corretamente, seja com a redução dos excrementos dos suínos, mitigando o impacto ambiental.

Loop (Ciclar)

“Ciclar” é princípio que possui maior relação com as práticas que têm sido adotadas na suinocultura, e versa sobre manter os materiais em um ciclo fechado, o que indica a ideia de remanufaturar e tratar matéria orgânica. A digestão anaeróbia é um exemplo, constituindo-se uma das práticas mais comuns na suinocultura, utilizando dejetos suínos (podendo até ser combinado com outras biomassas) para produção de fertilizantes orgânicos e biogás (LEITÃO; DIAS; BRISOLA, 2020).

Cardoso, Oyamada e Silva (2015) apresenta seis práticas de manejo de dejetos adotadas no Brasil: lagoas de decantação, esterqueiras, bioesterqueiras, biodigestores, compostagem e cama sobreposta. De acordo com os autores, as práticas mais comuns de tratamento de dejetos no Brasil é o de esterqueiras e de lagoas de decantação, e as principais razões são o baixo custo e a facilidade de instalação, revelando-se uma boa alternativa para pequenos produtores. Em produções maiores, indicam o uso de biodigestor como uma solução mais interessante, pois tem potencial de escala de transformar dejetos em biogás ou biofertilizantes orgânicos, que podem ser usados localmente ou explorados comercialmente. De acordo com Lourenzi *et al.* (2014), a utilização de biofertilizantes orgânicos traz aumento na disponibilidade de nutrientes nas plantas.

Lijó *et al.* (2014) apresentam o potencial de transformação do dejetos em eletricidade, por meio da digestão anaeróbia, reduzindo os resíduos orgânicos gerados pelos animais. Os autores mostram também que o uso do biofertilizante orgânico é uma alternativa interessante, pois evita a produção e o uso de fertilizantes minerais nas plantações.

Sobre a digestão anaeróbia, Philippe e Nicks (2015) argumentam que essa estratégia, quando utilizada, reduz as emissões de GEE dos dejetos, preserva seus valores energéticos e favorece a absorção de nutrientes, portanto, ambientalmente eficiente. Os autores ainda complementam dizendo que quando os dejetos são transformados em biogás, rico em CO₂ e CH₄, oferece uma oportunidade interessante para reduzir significativamente as emissões de GEE, devido à liberação reduzida de gases, à produção de energia renovável (eletricidade e calor) e à substituição do consumo de combustíveis fósseis. Por fim, ainda mostram que a adoção de um digestor anaeróbico em uma fazenda de suínos para 100 animais de engorda, compense um total equivalente a 125t de CO₂ por ano.

Lijó *et al.* (2014) e Gutierrez *et al.* (2016) destacam que o uso dos dejetos para transformação em fertilizante orgânico é uma alternativa interessante, evitando o uso de fertilizantes minerais, além de agregar valor ao resíduo da produção. Além disso, mostram que os sistemas de transformação dos dejetos em biogás também são interessantes em termos econômicos e

ambientais. Adicionalmente, Noya *et al.* (2017), além de corroborarem os achados dos autores supracitados, mostram que a adubação orgânica reduz em até 32% os impactos ambientais.

Com relação à compostagem, Saez *et al.* (2017) observam que essa é uma técnica utilizada para o tratamento da fração sólida da pasta de suínos, e o tratamento aeróbico da fração líquida como estratégias para mitigação de GEE. Indicam bons resultados quando é usada a fração sólida de chorume de suíno misturada com resíduos de caroço de algodão, reduzindo a perda de N e nutrientes em comparação ao sistema de compostagem misturada com palha de cereais.

Makara e Kowalski (2018) apresentam um método de processamento, denominado AMAK, para tratar o dejetos junto a ácido fosfórico e sulfúrico e concluem que o mais eficiente sistema de gestão dos dejetos envolve a aplicação de metade do esterco produzido como fertilizante e o processamento da outra metade do esterco produzido pelo AMAK em fertilizantes minerais-orgânicos. Adicionalmente, Makara *et al.* (2019) concluem que o uso total dos dejetos como fertilizantes é o de menor impacto ambiental.

Yuan *et al.* (2018) sugerem que, para a mitigação dos impactos ambientais, os dejetos devem ser separados internamente na criação dos suínos, e separados entre resíduos sólidos e líquidos, em que os líquidos passam por tratamento na digestão anaeróbica e, posteriormente, aplicados como fertilizantes nas plantações próximas.

Destarte, foram identificadas cinco práticas de *Loop* alinhadas à EC da estrutura ReSOLVE. Tais práticas foram: aplicação direta de dejetos em plantações; digestão e codigestão anaeróbica (por biodigestores ou outros); compostagem e cama sobreposta; lagoas de decantação; esterqueiras e bioesterqueiras.

Virtualize (Virtualizar)

Virtualizar diz sobre trazer todo o real possível para o mundo virtual. Não foi identificada prática que se aplica nesta categoria, o que pode indicar oportunidades de atuação por parte dos interessados, uma vez que a desmaterialização contribui diretamente com a EC.

Exchange (Trocar)

O princípio da troca está ligado à modernização da produção, substituindo tecnologias antigas por novas, e trocando materiais não renováveis ou prejudiciais por outros menos agressivos. Um fato interessante observado na análise neste ensaio é que apenas um estudo enquadrou-se neste ponto, uma vez que os outros focaram mais em apontar os impactos das atuais práticas ou em otimizá-las ao invés de propor novas tecnologias e métodos.

Tendo o ponto sido introduzido no parágrafo anterior, temos o trabalho de Jackson *et al.* (2018), que apresenta o conceito de prédio inovador, projetado para promover a troca de calor do solo com a entrada de ar fresco, além de capturar raios solares no inverno para aproveitar o aquecimento livre e reduzir os ganhos de calor solar que penetram no espaço no verão, com o intuito de fornecer um ambiente termicamente neutro para os suínos, uma vez que as condições térmicas influenciam a eficiência alimentar dos animais. Os autores ainda indicam que, comparado a um edifício projetado convencionalmente, tem potencial. Nesse princípio foi identificada apenas uma prática alinhada ao que é preconizado pela EC, a construção e *design* inteligente de instalações.

O alinhamento das práticas de EC com a suinocultura

Finalmente, é possível identificar que foram encontradas 14 práticas da suinocultura que contribuem e estão alinhadas diretamente com a EC, de acordo com o que foi proposto como objetivo deste trabalho, conforme apresentado na Tabela 3.

Na Tabela 3 é apresentada a quantidade de vezes que alguma prática de EC foi citada pelos autores nos artigos selecionados na RIL. É também exposta a quantidade de vezes que um dos elementos da estrutura ReSOLVE aparece, no intuito de verificar qual está sendo mais utilizada na suinocultura.

Tabela 3 – Práticas de EC identificadas na suinocultura e suas relações com a estrutura ReSOLVE

Prática de EC/ReSOLVE	Autores que citaram a prática em seu artigo	Quantidade de artigos	%
1 – Uso de Insumos Renováveis (<i>regenerate</i>)	Wright; Østergård (2015)	1	2,4%
2 – Sistemas de Cooperativas (<i>share</i>)	Silva <i>et al.</i> (2017); Borges <i>et al.</i> (2018); Ji; Jia; Xu (2018); Ji <i>et al.</i> (2019).	4	9,5%
3 – Integração Regional (<i>share</i>)	Wei <i>et al.</i> (2016)	1	2,4%
4 – Alimentação Otimizada/ Aditivada e de Precisão (<i>optimize</i>)	Wang <i>et al.</i> (2015); Coca <i>et al.</i> (2016); Wei <i>et al.</i> (2016); McAuliffe, Chapman; Sage (2016); Labajova <i>et al.</i> (2016); Bava <i>et al.</i> (2017); Monteiro; Bertol; Kessler (2017); Borges <i>et al.</i> (2018); Monteiro <i>et al.</i> (2019).	9	21,4%
5 – Otimização do Arranjo das Instalações (<i>optimize</i>)	Philippe; Nicks (2015); Labajova <i>et al.</i> (2016); Borges <i>et al.</i> (2018).	3	7,1%
6 – Otimização dos Fatores Térmicos das Instalações (<i>optimize</i>)	Philippe; Nicks (2015); Consoni <i>et al.</i> (2015).	2	4,8%
7 – Boa Gestão da Produção (<i>optimize</i>)	Bai <i>et al.</i> (2014); McAuliffe <i>et al.</i> (2017).	2	4,8%
8 – Coordenação da Cadeia de Suprimentos (<i>optimize</i>)	Zhuo; Ji (2019).	1	2,4%
9 – Aplicação Direta de Dejetos em Plantações (<i>loop</i>)	Lourenzi <i>et al.</i> (2014); Wei <i>et al.</i> (2016); Gutierrez <i>et al.</i> (2016); Noya <i>et al.</i> (2017); Yuan <i>et al.</i> (2018); Makara; Kowalski (2018); Makara <i>et al.</i> (2019).	7	16,6%
10 – Digestão e Codigestão Anaeróbica (por biodigestores ou outros) (<i>loop</i>)	Lijó <i>et al.</i> (2014); Cardoso; Oyamada; Silva (2015); Philippe; Nicks (2015); McAuliffe; Chapman; Sage (2016); Pirlo <i>et al.</i> (2016); Gutierrez <i>et al.</i> (2016); Yuan <i>et al.</i> (2018).	7	16,7%
11 – Compostagem e Cama Sobreposta (<i>loop</i>)	Cardoso; Oyamada; Silva (2015); Saez <i>et al.</i> (2017).	2	4,8%
12 – Lagoas de Decantação (<i>loop</i>)	Cardoso; Oyamada; Silva (2015).	1	2,4%
13 – Esterqueiras e Bioesterqueiras (<i>loop</i>)	Cardoso; Oyamada; Silva (2015).	1	2,4%
14 – Construção e Design de Instalações Eficientes (<i>loop</i>)	Jackson <i>et al.</i> (2018).	1	2,4%
Total		42	100,0%

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 3 possibilita constatar que 42,8% das práticas utilizadas na suinocultura alinhadas ao que é preconizado pela EC são práticas de ciclar (*loop*). Adicionalmente, 40,5% das práticas são de otimização, 11,9% de compartilhamento, 2,4% de regeneração e 2,4 de troca.

Cada ponto somado na frequência da Tabela 3 corresponde a uma vez que a prática foi citada em algum artigo. Esses pontos não indicam graus de relevância, mas medem quais ações da estrutura ReSOLVE estão sendo mais utilizadas, e mostram oportunidades de explorar outras ações pouco citadas, ou não citadas, como a de virtualização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram selecionados 29 trabalhos para análise que estavam diretamente alinhados à proposta do estudo. Com base nos dados analisados, concluímos que foi possível identificar as similaridades entre o que tem sido adotado pela suinocultura e o que é preconizado pela EC, com o suporte da estrutura ReSOLVE, resultando em um conjunto de 14 práticas adotadas pela suinocultura alinhadas à EC.

Importante ressaltar que a suinocultura é uma das principais atividades agropecuárias do mundo e que seu potencial poluidor é tão grande quanto seu volume de produção, necessitando que práticas de EC sejam adotadas para mitigar impactos ambientais causados e gerar novas fontes de renda e emprego para a sociedade.

A EC é uma metodologia que busca manter os materiais e recursos na sua maior utilização possível e ao mesmo tempo respeitar os ciclos biológicos do planeta, com o intuito de zerar os descartes de produtos e devolver ao bioma seus recursos de forma natural.

A busca por um sistema competitivo de produção, que visa a regenerar os biomas afetados pela atuação humana traz ganhos não somente econômicos, mas sociais, uma vez que traria melhores resultados em geração de emprego e renda, além de agredir menos o meio ambiente.

Interessante ressaltar que não foram identificadas práticas de virtualização nos trabalhos selecionados, o que indica que essa possa ser uma oportunidade de novos estudos, utilizando o suporte do procedimento técnico da RIL, mas adicionando outras palavras nas buscas, tentando identificar se realmente não há essa prática ou se já está sendo adotada, e quais são.

Adicionalmente, por ser um estudo teórico, seria interessante estudos aplicados sobre o tema em pequenas propriedades produtoras de suínos para verificar quais práticas são as mais adequadas a essa realidade. Outra recomendação é fazer estudos de caso em cadeias produtivas de suínos inteiramente adequadas à EC e verificar sua efetividade. Seria interessante também verificar como a EC contribui com a resiliência das cadeias produtivas (não necessariamente da suinocultura), uma vez que a EC é vista como um sistema regenerativo, além do fato de que o momento atual exige a adoção de cadeias mais flexíveis e adaptativas.

Ao final, é possível concluir que as 14 práticas que têm sido adotadas pela suinocultura estão alinhadas com o que é preconizado pela EC, revelando que a cadeia produtiva dos suínos está caminhando no sentido de contribuir com o modelo circular de produção.

REFERÊNCIAS

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. *Relatório Anual da ABPA 2021*. São Paulo. 2021. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/>. Acesso em: maio 2021.
- BAI, Z. H.; MA, L.; QIN, W.; CHEN, Q.; OENEMA, O.; ZHANG, F. S. Changes in Pig Production in China and Their Effects on Nitrogen and Phosphorus Use and Losses. *Environmental Science & Technology*, v. 48, n. 21, p. 12.742-12.749, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/es502160v>
- BAVA, L.; ZUCALI, M.; SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A. Environmental impact of the typical heavy pig production in Italy. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, n. 2, p. 685-691, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.029>
- BORGES, D. S.; AGOSTINI, P. S.; PIEROZAN, C. R.; DIAS, C. P.; CALLEGARI, M. A.; NOVAIS, A. K.; SANTOS, R. K. S.; PEREIRA JUNIOR, M.; ALVES, J. B.; GASA, J.; SILVA, C. A. Caracterização dos fatores de produção e uso de modelos matemáticos para estimar sua influência sobre o consumo diário de ração e a conversão alimentar de suínos nas fases de crescimento e terminação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootécnica*, v. 70, n. 1, p. 263-271, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9626>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura*: Plano ABC. Brasília. 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em: jun. 2021.
- CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. *Desenvolvimento em Questão*, v. 13, n. 32, p. 127-145, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.32.127-145>
- COCA, F. O. C. G.; XAVIER, C. A. N.; ANDRADE, W. R.; ARRUDA, L. D. O.; GONÇALVES, L. M. P.; KIEFER, C.; SANTOS, T. M. B. Produção de biogás com dejetos de suínos – efeito de energia líquida e ractopamina da dieta. *Archivos de Zootecnia*, v. 65, n. 252, p. 507-512, 2016. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/12/Produ%C3%A7%C3%A3o-de-biog%C3%A1s-com-dejetos-de-su%C3%ADnos%E2%80%93efeito-de-energia-l%C3%ADquida-e-ractopamina-da-dieta.pdf>. Acesso em: mar. 2020.
- COELHO FILHO, O.; SACCARO JUNIOR, N. L.; LUEDERMANN, G. *A Avaliação de ciclo de vida como ferramenta para a formulação de políticas públicas no Brasil*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2016. Texto para Discussão. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6685/1/td_2205.pdf. Acesso em: mar. 2020.
- CONSONI, W.; CRISTANI, J.; KLAUMANN, F.; ARRUDA, P. M.; ZIMMERMANN, A. T.; LORENZETTI, R. G.; DACOREGIO, T. M.; THALER NETO, A.; TRAVERSO, S. D. Análise produtiva e econômica de suínos criados nos sistemas wean-to-finish e convencional de produção. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, n. 4, p. 1.087-1.095, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8036>
- CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British Journal of Nursing*, v. 17, n. 1, p. 38-43, 2008. DOI: 10.12968/bjon.2008.17.1.28059
- DE JESUS, A. Eco-Innovation in the Transition to a Circular Economy: an Analytical Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 2.999-3.018, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.111
- EMF. Ellen MacArthur Foundation *Growth Within*: a Circular Economy Vision for a Competitive Europe. Londres. 2015. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf. Acesso em: fev. 2020.
- FAO. Food and Agriculture Organization of United Nations. *World Livestock*: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Roma. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/CA1201EN/ca1201en.pdf>. Acesso em: jun. 2021.
- FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. *Balança Comercial Brasileira do Agronegócio*. São Paulo. 2020. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/balanca-comercial/>. Acesso em: abr. 2020.
- FROSCH, D.; GALLOPOULOS, N. Strategies for manufacturing. *Scientific American*, v. 261, p. 94-102, 1989.
- GUTIERREZ, A. S.; ERAS, J. J. C.; BILLEN, P.; VANDECASTEELE, C. Environmental assessment of pig production in Cienfuegos, Cuba: alternatives for manure management. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, n. 4, p. 2.518-2.528, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.191
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Fifth assessment report*. Geneva. 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>. Acesso em: abr. 2019.

- ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. *Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades*. BNDES Setorial. Brasília. 2016. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9974/2/BS%2044%20Impactos%20ambientais%20da%20suinocultura_P.pdf. Acesso em: dez. 2019.
- JABBOUR, A. B. L. S.; LUIZ, J. V. R.; LUIZ, O. R.; JABBOUR, C. J. C.; NDUBISI, N. O.; OLIVEIRA, J. H. C.; HORNEAUX JUNIOR, F. Circular Economy Business Models and Operations Management. *Journal of Cleaner Production*, v. 235, p. 1.525-1.539, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.06.349
- JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. J. C.; GODINHO FILHO, M.; ROUBAUD, D. Industry 4.0 And The Circular Economy: A Proposed Research Agenda and Original Roadmap for Sustainable Operations. *Annals of Operations Research*, v. 270, p. 273-286, 2018. DOI: 10.1007/s10479-018-2772-8
- JACKSON, P.; GUY, J. H.; STURM, B.; BULL, S.; EDWARDS, S. A. An innovative concept building design incorporating passive technology to improve resource efficiency and welfare of finishing pigs. *Biosystems Engineering*, v. 174, p. 190-203, 2018. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2018.07.008
- Jl, C.; JIA, F.; XU, X. Agricultural co-operative sustainability: Evidence from four Chinese pig production co-operatives. *Journal of Cleaner Production*, v. 197, n. 1, p. 1.095-1.107, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.06.279
- Jl, C.; JIN, S.; WANG, H.; YE, C. Estimating effects of cooperative membership on farmers' safe production behaviors: Evidence from pig sector in China. *Food Policy*, v. 83, p. 231-245, 2019. DOI: 10.1016/j.foodpol.2019.01.007
- KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPALA, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, v. 143, p. 37-46, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- LABAJOVA, K.; HANSSON, H.; ASMILD, M.; GÖRANSSON, L.; LAGERKVIST, C. J.; NEIL, M. Multidirectional analysis of technical efficiency for pig production systems: The case of Sweden. *Livestock Science*, v. 187, p. 168-180, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.03.009>
- LEITÃO, F. O.; DIAS, C. P.; BRISOLA, M. V. Mensuração da capacidade de geração de energia elétrica a partir do tratamento dos dejetos suínos. *Informe Gepec*, v. 24, n. 1, p. 91-115, 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.34332.64641
- LIJÓ, L.; GONZÁLES-GARCIA, S.; BACENETTI, J.; FIALA, M.; FEIJOO, G.; LEMA, J. M.; MOREIRA, M. T. Life Cycle Assessment of electricity production in Italy from anaerobic co-digestion of pig slurry and energy crops. *Renewable Energy*, v. 68, p. 625-635, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.03.005>
- LOURENZI, C. R.; CERRETA, C. A.; BRUNETTO, G.; GIROTTI, E.; TIECHER, T. L.; VIEIRA, R. C. B.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P. A. A. Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 1, p. 949-958, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000300027>
- MACLEOD, M.; GERBER, P.; MOTTET, A.; TEMPIO, G.; FALCUCCI, A.; OPIO, C.; VELLINGA, T.; HENDERSON, B.; STEINFELD, H. *Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – a global life cycle assessment*. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Roma, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3460e/i3460e.pdf>. Acesso em: maio 2020.
- MAKARA, A.; KOWALSKI, Z. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 187-195, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.095>
- MAKARA, A.; KOWALSKI, Z.; LELEK, L.; KULCZYCKA, J. Comparative analyses of pig farming management systems using the Life Cycle Assessment method. *Journal of Cleaner Production*, v. 241, p. 118-305, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118305>
- MCAULIFFE, G. A.; CHAPMAN, D. V.; SAGE, C. L. A thematic review of life cycle assessment (LCA) applied to pig production. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 56, p. 12-22, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.08.008>
- MCAULIFFE, G. A.; TAKAHASHI, T.; MOGENSEN, L.; HERMANSEN, J. E.; SAGE, C. L.; CHAPMAN, D. V.; LEE, M. R. F. Environmental trade-offs of pig production systems under varied operational efficiencies. *Journal of Cleaner Production*, v. 165, p. 1.163-1.173, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.191>
- MONTEIRO, A. N. T. R.; DOURMAD, J. Y.; POZZA, P. C. Análise do ciclo de vida como ferramenta para avaliar o impacto da redução do conteúdo de proteína bruta da dieta de suínos. *Ciência Rural*, v. 47, n. 6, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161029>
- MONTEIRO, A. N. T. R.; BERTOL, T. M.; KESSLER, A. M. Applying precision feeding to improve the nitrogen efficiency of swine production: a review of possible practices and obstacles. *Ciência Rural*, v. 47, n. 7, p. 1-9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr2160596>

- MONTEIRO, A. N. T. R.; WILFART, A.; UTZERI, V. J.; LUKAC, N. B.; TOMAZIN, U.; COSTA, L. N.; CANDEK-PO-TOKAR, M.; FONTANESI, L.; GARCIA-LAUNAY, F. Environmental impacts of pig production systems using European local breeds: The contribution of carbon sequestration and emissions from grazing. *Journal of Cleaner Production*, v. 237, p. 117-843, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.117843
- NOYA, I.; VILLANUEVA-REY, P.; GONZALEZ-GARCÍA, S.; FERNANDEZ, M. D.; RODRIGUES, M. R.; MOREIRA, M. T. Life Cycle Assessment of pig production: A case study in Galicia. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, n. 4, p. 4.327-4.338, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.160>
- PHILIPPE, F. X.; NICKS, B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 199, p. 10-25, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.015>
- PIRLO, G.; CARE, S.; DELLA CASA, G.; MARCHETTI, R.; PONZONI, G.; FAETI, V.; FANTIN, V.; MASONI, P.; BUTTOL, P.; ZERBINATTI, L.; FALCONI, F. Environmental impact of heavy pig production in a sample of Italian farms. A cradle to farm-gate analysis. *Science of the Total Environment*, v. 565, p. 576-585, 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.174
- ROSS, J. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, p. 63-74, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>
- SAEZ, J. A.; CLEMENTE, R.; BUSTAMANTE, M. A.; YANEZ, D.; BERNAL, M. P. Evaluation of the slurry management strategy and the integration of the composting technology in a pig farm – Agronomical and environmental implications. *Journal of Environmental Management*, v. 192, p. 57-67, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.040>
- SILVA, C. A.; AGOSTINI, P. S.; DIAS, C. P.; CALLEGARI, M. A.; SANTOS, R. K. S.; NOVAIS, A. K.; PIEROZAN, C. R.; GASÓ, J. G. Characterization and influence of production factors on growing and finishing pig farms in Brazilian cooperatives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46, n. 3, p. 264-272, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017000300012>
- STAHEL, W. The Circular Economy. *Nature*, v. 531, p. 435-438, 2016. Disponível em: https://www.nature.com/news/polopoly_fs/1.19594!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/531435a.pdf. Acesso em: abr. 2020.
- VAN BUREN, N.; DEMMERS, M.; VAN DER HEIJDEN, R.; WITLOX, F. Towards a Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments. *Sustainability*, v. 8, n. 7, p. 647, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8070647>
- WANG, X.; DADOUMA, A.; CHEN, Y.; SUI, P.; GAO, W.; JIA, L. Sustainability evaluation of the large-scale pig farming system in North China: an emergy analysis based on life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 102, p. 144-164, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.071>
- WEI, S.; BAI, Z. H.; QIN, W.; XIA, L. J.; OENEMA, O.; JIANG, R. F.; MA, L. Environmental, economic and social analysis of peri-urban pig production. *Journal of Cleaner Production*, v. 129, p. 596-607, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.133>
- WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. *Journal of advanced nursing*, 52(5), p. 546-553, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>
- WRIGHT, C.; ØSTERGÅRD, H. Scales of renewability exemplified by a case study of three Danish pig production systems. *Ecological Modelling*, v. 315, p. 28-36, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmod-el.2015.04.018>
- YUAN, Z.; PAN, X.; CHEN, T.; LIU, X.; ZHANG, Y.; JIANG, S.; SHENG, H.; ZHANG, L. Evaluating environmental impacts of pig slurry treatment technologies with a life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, v. 188, p. 840-850, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.021>
- ZHUO, N.; JI, C. Toward Livestock Supply Chain Sustainability: A Case Study on Supply Chain Coordination and Sustainable Development in the Pig Sector in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 18, p. 3.241, 2019. DOI: 10.3390/ijerph16183241