

TRANSIÇÃO RUMO À SUSTENTABILIDADE: DESAFIOS DA DESCARBONIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE NO RIO GRANDE DO SUL

Markus Erwin Brose¹, Renata Soares Navarro²

Resumo: A descarbonização da cadeia produtiva do leite constitui nova incerteza. Não há clareza sobre os custos envolvidos, nem acerca da responsabilidade pelo financiamento. Seguindo esse argumento, este trabalho tem como objetivo apresentar o estado da arte sobre descarbonização da pecuária leiteira. O método utilizado é o estudo de caso, visto que, a maioria dos países relata que o respectivo sector de lácteos está iniciando o debate sobre mensuração e redução das emissões de GEE, entretanto, a cooperativa Arla desponta nesse processo, sendo essa o benchmark estudado. Como instrumento de coleta de dados foi utilizado a análise documental. Posteriormente, os dados foram analisados por meio de uma análise crítica. Com base nos conceitos do Enfoque Multinível, identificamos que existe um conjunto de atores, como o Sindilar, Embrapa Pecuária Sul e Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e iniciativas como um nicho inovador em formação, no Brasil. Já em relação a Arla, foi possível compreender que as ações em curso a uma década são de tamanho custo e investimento, com ativo financiamento em grande volume pela Comissão Europeia, que não parece realista sua replicação para os produtores gaúchos.

Palavras-chave: enfoque multinível; adaptação climática; mitigação.

TRANSITION TOWARDS SUSTAINABILITY: CHALLENGES OF DECARBONIZING THE DAIRY VALUE CHAIN IN RIO GRANDE DO SUL

Abstract: The decarbonization of the milk production chain is a new uncertainty. There is no clarity about the costs involved, nor about responsibility for financing. Following this argument, this paper aims to present the state of the art on the decarbonization of dairy farming. The method used is a case study, since most countries report that their dairy sector is beginning to debate the measurement and reduction of GHG emissions, but the Arla cooperative is at the forefront of this process and is the benchmark studied. Documentary analysis was used as a data collection tool. Subsequently, the data was analyzed by means of a critical analysis. Based on

1 Agrônomo; Mestrado em Gestão do Desenvolvimento; Doutorado em Sociologia Política; Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade de Santa Cruz do Sul.

2 Engenheira ambiental; Mestrado em Desenvolvimento Regional; doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade de Santa Cruz do Sul. A autora agradece o apoio pelo PROSUC/CAPES Bolsa de Doutorado Modalidade I para pesquisa iniciada em 2024.

the concepts of the Multilevel Approach, we identified that there is a set of actors, such as Sindilat, Embrapa Pecuária Sul and the Ministry of Agriculture and Livestock (MAPA) and initiatives such as an innovative niche in formation in Brazil. With regard to Arla, it was possible to understand that the actions underway for a decade are of such cost and investment, with active funding in large volume by the European Commission, that it does not seem realistic to replicate them for producers in Rio Grande do Sul.

Keywords: multi-level approach; climate adaptation; mitigation.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroalimentares são responsáveis por aproximadamente 1/3 das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) (Crippa *et al.*, 2021; Tubiello *et al.*, 2022). De acordo com estudos setoriais, entre as dezenas de cadeias produtivas que abastecem os supermercados, produtos como a erva-mate ou o papel (guardanapos; filtro de café; papel higiênico) podem ser considerados carbono neutro (Da Hora; Melo, 2016; Rachwal *et al.*, 2023). Porém, carne de gado e laticínios, portanto, a pecuária, contribui com metade das emissões de GEE do varejo de alimentos (Fanton, 2022; Ramdorai; Delivanis; Simons, 2023).

Estudo pela consultoria McKinsey junto a 44 redes internacionais de supermercados aponta que os pontos de venda ao consumidor final são responsáveis por apenas 7,0% das emissões (embalagens; energia elétrica; logística). Enquanto 58,6% das emissões são geradas pelas cadeias produtivas dos produtos alimentares comercializados nos supermercados (Jesse; Perotti; Roos, 2022). Assim, descarbonizar cadeias produtivas da agropecuária constitui prioridade no esforço em mitigação do aquecimento global.

Esse é o contexto pelo qual redes de supermercados começam a valorizar alimentos carbono neutro (ABRAS, 2022) e a descarbonização, tanto da pecuária de corte, como da cadeia produtiva do leite, constituem prioridades setoriais. O mais recente “Anuário do Leite”, publicado pela Embrapa, tem como tema central o leite baixo carbono (Embrapa, 2023).

O Brasil é o quarto maior produtor de leite em escala global (Embrapa, 2024), com o estado do Rio Grande do Sul (RS) ocupando o terceiro lugar, em média de 4,1 bilhões litros/ano, cerca de 12,0% da produção nacional (IBGE, 2023). A produção de leite se dá predominantemente nas pequenas e médias propriedades ocupando a mão-de-obra da agricultura familiar, com comercialização prioritária para o cooperativismo de base familiar, sendo este nosso foco na pesquisa em curso. A produção vem se concentrando espacialmente no território, com destaque para a maior bacia leiteira na mesorregião Noroeste, onde os municípios de Santo Cristo e Augusto Pestana lideram a produção (RS, 2023). Em estudo sobre a espacialização da produção leiteira no RS, no período entre 1995 e 2000, os autores registram queda contínua no número de microrregiões especializadas nas regiões Sudeste, Sudoeste e região Metropolitana de Porto Alegre, registrando aumento no número de microrregiões de alta especialização, na mesorregião Noroeste. Esses resultados, sinaliza uma mudança estrutural na produção leiteira, concentrando-se nas regiões mais especializadas (Favaretto; Fillho, 2023,). O destaque para a região Noroeste relaciona-se aos incentivos por investimentos de empresas e cooperativas do setor. De forma complementar,

a qualidade na relação entre indústrias processadoras e produtores favorece o gerenciamento da cadeia produtiva (Bender Filho; Favaretto; Medeiros, 2023).

Os autores confirmam que a pecuária leiteira gaúcha está passando por um processo de realocação espacial e reorganização da produção, haja vista que o crescimento da atividade e a especialização não apresentam o mesmo padrão em todas as regiões. Argumento reforçado pelo Relatório Socioeconômico da Cadeia Produtiva do Leite no RS, o qual expõe que entre 2015 a 2021, total de 44.017 mil produtores abandonaram essa atividade, um decréscimo de 52,3% (Emater, 2021). Dentre esses, a maior evasão encontra-se na estratificação de produtores de até 50 litros de leite/dia. Apesar do abandono de metade dos agricultores, e a redução da produção total de leite para estabelecimentos que destinam a produção para a industrialização, passando de 4.212.031.137 litros/ano em 2015, para 3.836.803.185 em 2021, a produtividade dos estabelecimentos apresentou um aumento de 39,01% (Emater, 2023). O relatório ainda mostra que os estabelecimentos que mais produzem leite, 2.500 litros/dia, foram os que apresentaram maior crescimento no número de estabelecimentos, representando 0,18% em 2015 e 1,24%, em 2021.

Os relatórios anuais da Emater-RS (2021) registram que cerca de 150 mil propriedades no estado produzem leite, porém, 60,0% apenas para autoconsumo. O número de famílias com atividade econômica formal, que vendem leite cru para indústrias, cooperativas ou queijarias, com média de propriedades de 18 hectares, se encontra em queda contínua (Ries, 2019; 2023).

Entre 2015 e 2023, houve uma queda no número de produtores gaúchos de leite integrados ao mercado formal, passando de 84 mil, para 33 mil produtores (Maliszewski, 2024). Entre os motivos para a baixa destacam-se:

- baixa rentabilidade;
- custos com tendência de crescimento;
- restrições para a sucessão familiar;
- impactos do aquecimento global, como estiagens e ciclones.

A cadeia láctea do RS mantém viabilidade financeira-econômica, se caracterizando pela crescente produtividade que atinge patamares próximos a dos principais países produtores. Em 2021, a produtividade média no estado foi de 4.129 litros/vaca/ano (RS, 2022), aproximadamente 65,0% superior à média nacional.

Diante da relevância dessa cadeia, Silva (2023) expõe ser necessário que políticas públicas sejam direcionadas para os pequenos e médios produtores, em especial os agricultores familiares, argumentando que muitos produtos rurais, optam por produzir leite como forma de garantir uma renda mensal garantida, principalmente os aposentados. Entretanto, a diminuição desses produtores poderá, a curto e ou médio prazo, tirá-los do mercado, resultando em um grande problema social. Existe uma expectativa da recuperação da produção na região sul do Brasil, o que poderia reduzir a necessidade de importações de derivados lácteos dos países do Mercosul (Silva, 2023).

Neste cenário, a demanda da sociedade pela descarbonização da cadeia produtiva do leite constitui nova incerteza. Não há clareza sobre os custos envolvidos, nem acerca da

responsabilidade pelo financiamento. Seguindo esse argumento, este trabalho tem como objetivo apresentar o estado da arte sobre descarbonização da pecuária leiteira. Buscamos assim contribuir ao debate sobre os desafios do cooperativismo de laticínios no RS, que se caracteriza pela contínua perda de produtores, tecnificação para aumento da produtividade, assim como custos crescentes.

Este artigo foi organizado em cinco seções. Após a introdução, apresentamos a metodologia e os procedimentos de coleta e de análise dos dados utilizados. A seção subsequente apresentamos o referencial teórico que embasa esse trabalho, Mudanças climáticas e pecuária leiteira, Raízes do cooperativismo na Dinamarca, Nichos de inovação na transição sustentável e o Regime sociotécnico do leite na Dinamarca. A seguir, apresentamos os resultados e discussões encontrados à luz da literatura discorrendo o estado da arte sobre descarbonização da pecuária leiteira. E por fim, a última seção trata das considerações finais.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa tem uma abordagem qualitativa, tendo como objetivo apresentar o estado da arte sobre descarbonização da pecuária leiteira. A fim de aprofundar esse tópico, optou-se como método o estudo de caso, visto que, a maioria dos países relata que o respectivo sector de lácteos está iniciando o debate sobre mensuração e redução das emissões de GEE, enquanto a cooperativa Arla desponta nesse processo. O pioneirismo no estabelecimento de um nicho de inovação pela Cooperativa Arla iniciou, em 2019, com o fornecimento do primeiro leite carbono neutro em escala comercial em pontos de varejo na Suécia. Congregando 9 mil agricultores familiares da Dinamarca, Suécia, Luxemburgo, Alemanha, Países Baixos, Bélgica e Reino Unido, a Arla tem sua sede na cidade de Aarhus/Dinamarca.

Para Sátyro e D'Albuquerque (2020), o estudo de caso é relevante para captar a complexidade dos fenômenos sociais por meio de uma abordagem que considere o todo e suas partes interligadas. Compreendendo que o estudo de caso requer métodos que garantam maior profundidade, serão utilizados como instrumento de coleta de dados análise documental. Segundo Lima Junior *et al.* (2021) a análise documental é um procedimento que trata conteúdos já existentes. As principais fontes de documentos que se relaciona ao campo da pesquisa são: documentos administrativos, materiais publicados em jornais e revistas, publicações de organizações, documentos disponibilizados pela internet, entre outros (Gil, 2017). Nessa pesquisa foram utilizadas informações e documentos contidos em seu site, bem como trabalhos científicos que abordam essa cooperativa. Utilizamos esse referencial para mapear e interpretar inovações em curso com probabilidade de impacto na cadeia produtiva do leite no RS. Posteriormente, os dados foram analisados por meio de uma análise crítica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Mudanças climáticas e pecuária leiteira

O sistema alimentar é um dos grandes impulsionadores do aquecimento global, ao mesmo tempo, uma vítima (Parsons; Hawkes; Wells, 2019). A projeção de crescimento da

população mundial, renda, aumento da demanda de proteínas, e uma maior intensificação nos modelos atuais para atender a demanda tenderá a aumentar as emissões de GEE, além de aumentar a expansão de terras. Com isso, as alterações climáticas tendem a intensificar ainda mais a pressão sobre os solos, afetando os rendimentos, necessitando assim, de estratégias para a redução e o sequestro de carbono (Benton; Bailey, 2019). Dessa forma, as mudanças climáticas impõem um grande desafio para os próximos 5 e 25 anos, com o Acordo de Paris, sendo necessário produzir mais e emitir menos gases de efeito estufa, ou seja, é necessário tornar os sistemas alimentares mais eficientes e sustentáveis.

Diferentemente de outros países do mundo, onde a redução das emissões deve-se concentrar na substituição de combustíveis fósseis (IPCC, 2023), no Brasil, a maior parte das emissões encontra-se nos sistemas alimentares, respondendo por aproximadamente $\frac{3}{4}$ do total de emissões geradas no país (Alencar, 2023). Destaca-se que as emissões desse setor se encontram majoritariamente no desmatamento e agropecuária, com destaque para a pecuária leiteira, enfatizando as emissões entéricas.

A fim de estimar as emissões entéricas de metano e calcular o inventário de emissões de GEE dos sistemas leiteiros tropical Cunha *et al.* (2016), encontrou em seu estudo que as fazendas confinadas respondem por 51% das emissões provenientes do metano entérico, 25% manejo de dejetos, 15% produção de alimento, 6% eletricidade e 3% combustível, enquanto a fazenda semi-confinada apresentou 54% de emissões provenientes do metano entérico, 22% manejo de dejetos, 20% produção de alimento, 0% eletricidade e 4% combustível.

Dentro de uma propriedade leiteira as principais emissões que contribuem para a pegada de carbono do leite são: o metano (da fermentação entérica e do manejo de esterco) e o óxido nitroso (do manejo de esterco e da produção da ração) (Hristov, 2023). Para o autor, considerando a variabilidade das estratégias de mitigação nas fazendas leiteiras, uma redução significativa na redução da pegada de carbono deve exceder 10% e, de preferência superar os 20%.

No campo da alimentação existem duas estratégias que podem ser utilizadas, sendo a primeira a manipulação dietética, com o aumento da ingestão de concentrado e a concentração de milho em dietas leiteiras por exemplo. Quando se aumenta a ingestão de amido nas dietas, a produção de leite se eleva. As emissões de CH₄ podem elevar, entretanto, a intensidade de CH₄ entérico por kg de leite tende a reduzir. Já a segunda alternativa relaciona-se a aditivos para ração, como o 3-nitrooxipropanol (3-NOP) (Hristov, 2024).

3.2 Raízes do cooperativismo na Dinamarca

A revisão da bibliografia indica que o pioneirismo pela Arla não constitui coincidência. Desde o estabelecimento do movimento cooperativista na Dinamarca, nos anos de 1880, a narrativa histórica enfatiza que este teve papel central para a democratização, a superação da pobreza e o ingresso do pequeno país periférico na modernidade (Skrubbeltrang, 1953). Para Mordhorst (2014) a modernização da Dinamarca foi mais democrática que em outros países europeus, conferindo ao cooperativismo parte relevante na memória e na identidade

nacional. Possivelmente, igualada apenas pela narrativa central do cooperativismo na formação nacional de Israel (Kislev, 2015).

Apesar de contar com uma população de apenas 5 milhões de habitantes, a Dinamarca está entre os dez maiores exportadores mundiais de alimentos, responsável por cerca de um terço do PIB nacional. A classe dos agricultores familiares foi formada pela reforma agrária de 1784 que, alinhada com as Revoluções Americana e Francesa no período, pôs fim à propriedade de 98,0% do território por apenas 800 famílias da nobreza (Boberg-Fazlic *et al.*, 2022).

Desde os anos de 1880, o setor lácteo da agricultura familiar na Dinamarca ocupou papel central na formação do Estado de Bem-Estar no século XX, especificamente mediante exportação de manteiga e queijo (Sharp *et al.*, 2023). Assim:

A interpretação do cooperativismo na Dinamarca não deve se restringir às suas peculiaridades jurídicas, financeiras ou organizacionais, pois deve incluir ainda a comunidade histórica e cultural que tem suas raízes na estrutura das vilas e comunidades rurais do fim do século XIX. Na opinião pública, o movimento cooperativista é visto como uma tradição econômica e democrática específica que possibilitou a modernização da Dinamarca (Lund, 1996, p. 38, tradução livre).

A cooperativa Arla Foods foi fundada em 1882, integrando o universo de mais de 1.400 pequenas cooperativas de laticínios criadas naquela década. O crescimento decorreu, tanto da invenção do separador centrífugo do soro de leite pela metalúrgica Maglekilde, em 1878, a alfabetização dos agricultores, bem como a adoção de modernas técnicas de contabilidade. As inovações tornaram economicamente viável o processamento nos pequenos laticínios em cada vila, coletando leite de propriedades no entorno, mesmo com poucas vacas, pois as estradas de terra impediam o transporte de leite cru a longa distância em um país com crescente população (Boserup, 1993).

Nas três décadas seguintes, até o início da I Guerra Mundial, estavam operando mais de 4 mil cooperativas na Dinamarca no setor primário, entre abatedouros, granjas avícolas, produção de milho para ração, crédito e seguros, transporte e logística, etc. O país se tornou o maior exportador global de manteiga, abastecendo em especial a Inglaterra, cujo mercado consumidor apresentava altas taxas de crescimento do poder de compra (Sharp *et al.*, 2023).

A reconstrução e industrialização pós-Segunda Guerra, a partir dos anos de 1960, deu origem a um intenso processo de fusão e incorporação das cooperativas locais. Em 1999, na celebração do centenário do cooperativismo, estavam operando a cooperativa Arla, com 90% do mercado, e 15 pequenas cooperativas locais.

3.3 Nichos de inovação na transição sustentável

A reflexão iniciada por Schumpeter (1961) identifica a inovação como o núcleo dinâmico do capitalismo industrial, sendo definida, tanto por produto, como por empresa. Grandes inovações tecnológicas, como a máquina a vapor, o automóvel e a estrada de ferro, com seus efeitos diretos e indiretos, teriam exercido influência em sua obra, destacando o papel do inventor individual e do empresário que constrói novos mercados.

Smith; Stirling e Berkhout (2005) registram que no debate acadêmico em universidades dos Países Baixos, nos anos 1990, o referencial teórico para analisar inovações ampliou seu escopo. Essa bibliografia sistematiza inovações que mudam práticas sociais e a tecnologia em larga escala, denominado “Sistemas sociotécnicos”. Para Berkhout (2002) o desafio para as inovações consiste em atender às demandas da sociedade de modo adaptado às mudanças climáticas. Esse enfoque parte do pressuposto de que inovações tecnológicas estão enraizadas, ou *embedded*, na sociedade e não mais dependentes de apenas um indivíduo empreendedor (Rip; Kemp, 1998).

Síntese desse debate por parte da Agência Ambiental da União Europeia (EEA, 2018) registra que a consolidação de transições de sistemas sociotécnicos rumo à maior sustentabilidade tem longo prazo, até 40 anos. Constituem processos não lineares, com elevado grau de incerteza e dependentes do conhecimento mediante erros e acertos. A transição depende da obtenção de legitimidade, a construção de uma licença social para as inovações. Assim, transições sociotécnicas possuem uma dimensão política, com grupos sociais ganhadores e perdedores, o que pode implicar em conflitos e resistências.

Geels (2002) alçou o debate a novo patamar propondo o “Enfoque Multinível” (MLP, em inglês) modelo que distingue entre três escalas de ação de atores sociais para interpretar processos de transição. A transição sociotécnica em busca de serviços e produtos mais sustentáveis seria influenciado pela coevolução entre: o nível micro dos nichos tecnológicos, formado por redes de relacionamentos que testam uma inovação radical; o nível meso, formado pelo regime sociotécnico no qual os agentes compartilham regras e valores formando o paradigma vigente; e o nível macro do ambiente geral, ou paisagem, marcado por fatores gerais da economia que condicionam o sistema.

Para Geels (2011), inovações radicais emergem em ambiente restrito, os nichos de inovação, os quais, em seu estágio inicial, apresentam alto custo, não competem no mercado padronizado e dependem de espaços especializados de produção e de consumo. Nichos se desenvolvem em relativo isolamento, incluem, tanto grau de incerteza e risco quanto à expansão da inovação, como iniciativas de apoio e consolidação da nova tecnologia. O conjunto de nichos de inovação forma o nível micro de análise pela MLP.

Para o autor, a cristalização entre elementos tangíveis, as preferências no consumo pelos atores e as normas socialmente aceitas conformam o regime sociotécnico, que molda percepções, contratos, rotinas e competências e que norteia organizações empresariais e instituições de pesquisa a atualizar a tecnologia prevalecente, ampliar as capacidades técnicas e consolidar o modelo tecnológico uma vez determinado.

Os três níveis estão interligados por uma hierarquia de relações múltiplas. As transições para um novo regime sociotécnico dependem de mudanças nos diferentes níveis. Na primeira fase da transição rumo à maior sustentabilidade, inovações radicais ou incrementais emergem em nichos, os agentes econômicos improvisam e criam novas práticas. Na segunda fase, o regime sociotécnico começa a incorporar as inovações, inicialmente em pequena escala, que (ainda) não ameaça a estabilidade do sistema. Número crescente de consumidores passam a aceitar a inovação e a experimentar novas aplicações. Por fim, a terceira fase consiste na adoção de forma explosiva e generalizada de um novo

padrão tecnológico socialmente aceito, que estabelece em até 40 anos, uma nova paisagem sociotécnica.

3.4 O regime sociotécnico do leite na Dinamarca

Instituído em 1984, o regime de subsídios e delimitação de cotas para a produção de leite nos países da União Europeia foi abolido, em 2015. As empresas e cooperativas continuam tendo acesso a subsídios para a exportação, atendendo demanda crescente por laticínios na China, Índia e Paquistão. Mas, na última década o mercado europeu foi marcado por significativas mudanças pela exposição ao mercado global.

De acordo com a Comissão Europeia para Leite, entre 2015 e 2019, o custo de produção na Dinamarca esteve em média Euro 0,40/kg leite cru, enquanto o preço pago ao produtor foi em média de Euro 0,33/kg leite cru. Os subsídios pela Política Agrícola Europeia não foram suficientes para o equilíbrio financeiro, assim, entre 2015 e 2019, a propriedade familiar média na Dinamarca praticamente não teve lucro com a produção leiteira (EMB, 2021). As propriedades que mantêm produção contam com ingressos adicionais pela comercialização dos bezerros, o descarte da vaca para ao final do período produtivo, bem como a aplicação dos dejetos como fertilizante nas lavouras.

Estudo encomendado pelo Parlamento Europeu sobre o mercado lácteo pós-2015, constatou a redução do rebanho leiteiro, aumento da produtividade por vaca, abandono da atividade pelas famílias, dificuldades na sucessão familiar, a concentração em propriedades cada vez maiores, bem como crescentes limitações ambientais (Jongeneel *et al.*, 2023). O estudo também destaca a poluição do solo e do lençol freático pela concentração de dejetos a níveis alarmantes nas lavouras nos Países Baixos e na Bélgica, e a implementação de políticas, por parte dos governos, para reduzir o número de vacas leiteiras por propriedade. Famílias produtoras em regiões montanhosas da Europa, de difícil acesso, estão especialmente em risco do abandono da atividade. A descarbonização recente iniciada em alguns países é descrita como um desafio adicional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na escala das tendências globais, identificamos nicho de inovação integrado pela Associação Brasileira das Pequenas e Médias Cooperativas e Empresas de Laticínios (G100). Sediada em Brasília, a G100 atua, tanto no *lobby* junto ao Executivo e ao Legislativo em defesa da cadeia produtiva, como coordenando o Comitê Brasileiro na Federação Internacional do Leite (IDE, em inglês).

Na escala nacional, identificamos nicho de inovação coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Este lançou o “Programa Carbono+Verde”, em 2023, para fomentar a transição em cadeias agropecuárias descarbonizadas. Em seu primeiro ciclo estão contempladas 13 cadeias produtivas prioritárias, entre as quais destacamos o leite. Na sequência, o MAPA criou a Câmara Temática de Agrocarbono Sustentável (Brasil, 2024). Essa é a referência para o governo do RS estabelecer como meta no ProClima2050:

4. Descarbonização das cadeias produtivas. Avaliar emissões de carbono, estabelecer metas de redução, adotar fontes de energia limpa, promover práticas sustentáveis, melhorar a eficiência energética, regulamentações ambientais, educação e incentivos, e colaboração com federações empresariais (RS, 2024a, p. 11).

A política estadual adota oito cadeias produtivas priorizadas pelo governo federal. Durante a 46^o Expointer, em agosto de 2023, foi dado o pontapé inicial na discussão sobre o balanço de carbono na pecuária de leite gaúcha. Durante dois dias, o seminário RS Carbon Free organizou palestras e mesas-redondas sob o lema “O Rio Grande unido pelo carbono zero” (Sindilat, 2023)

Quanto aos nichos de inovação em escala local, identificamos que estão em construção. O Sindilat foi uma das primeiras organizações setoriais a abrir debate sobre o potencial de créditos de carbono, em fevereiro de 2023, junto à Secretaria do Meio Ambiente do RS. Em abril, iniciou parceria com a Embrapa Pecuária Sul visando introduzir a mensuração de carbono em propriedades leiteiras. Nesse contexto, Piccoli (2023) afirma que o RS desponta no cenário nacional quanto ao debate e na pesquisa sobre leite carbono neutro. Destacamos a relevância do cooperativismo nesse processo. Com base nos conceitos do Enfoque Multinível, identificamos este conjunto de atores e iniciativas como um nicho inovador em formação.

Já em relação a cooperativa Arla, a mesma centraliza a gestão e a produção por cooperativas regionais com 60 laticínios e 21 mil funcionários em sete países, contando com 9 mil famílias associadas. Tomada a decisão pela redução da pegada de carbono, em 2010, um dos primeiros desafios tecnológicos foi a adoção de um sistema automatizado de mensuração e verificação das emissões de GEE, a ser utilizado pelos produtores e pelos extensionistas da cooperativa. Reino Unido, Dinamarca e Suécia já haviam adotado sistemas nacionais de contabilidade das emissões, enquanto em outros países a metodologia da Arla seria pioneira.

Em 2011, a Arla contratou a empresa dinamarquesa *2.0-LCA Consultants*, especializada em avaliação do ciclo de vida, para desenvolver sistema próprio de mensuração. Essa empresa, de propriedade coletiva dos funcionários, foi fundada a partir da pesquisa de doutorado por professor da Universidade de Aalborg. Modelagem do ciclo de vida em produtos agropecuários apresenta desafios específicos, pois as principais fontes de emissão não são combustíveis fósseis, mas processos orgânicos de fermentação.

Arla publicou o primeiro manual dos parâmetros da mensuração da pegada de carbono na propriedade dentro da porteira, em 2012. O estudo esteve baseado em um inventário de emissão de GEE para produtores de leite na Dinamarca e Suécia, tendo 2005 como ano-base, ano no qual entrou em vigor o Protocolo de Quioto (Schmidt; Dalgaard, 2012). O inventário está baseado na norma ISO 14044-2006 para avaliação do ciclo de vida, bem como as normas da IDF para mitigação de carbono atualizadas desde 2010 e que conta, entre outros, com participação no Brasil de pesquisadores da Embrapa e da Universidade Estadual de Santa Catarina (IDF, 2022).

As emissões médias para um litro de leite cru produzido na Dinamarca, para o ano-base de 2005, somaram 1,06 kg CO₂e, enquanto para um litro de leite cru na Suécia foram

de 1,15 kg CO₂e (Dalgaard; Schmidt; Flysjö, 2014). Em ambos os países as três maiores fontes de emissão na propriedade são:

- Fermentação entérica dos animais;
- Ração suplementar (contendo farelo de soja do Brasil e óleo de palma da Indonésia);
- Produção de ração à base de cevada (óleo diesel, instalações; agroquímicos).

Uma vez identificadas as fontes de emissão, a cooperativa adotou metas de redução das emissões que foram incorporadas às instruções e ao acompanhamento pelos extensionistas. A Arla registrou junto à plataforma *Science Based Target Initiative*, organização de monitoramento e certificação global, a meta voluntária de reduzir em 63% as emissões decorrentes do Escopo 1 e 2, ou seja, as emissões próprias da cooperativa em suas instalações. Além disso, o compromisso em reduzir em 30% as emissões das 9 mil propriedades associadas, até 2030 (Arla, 2023). O perfil das emissões da cooperativa foi estimado como segue:

- Escopo 1 (logística; combustíveis fósseis): 3,0% das emissões
- Escopo 2 (consumo energia elétrica): 1,0% das emissões
- Escopo 3 (produção): 96,0% das emissões, 81,0% antes da porteira.

Em 2016, a Arla publicou estudo correlato referente à linha de base das emissões dos produtores associados na Alemanha e no Reino Unido, ampliando a base e dados para os anos de 1990 e 2012 (Dalgaard; Schmidt; Cenian, 2016), pouco tempo depois foi publicado manual para atualização do sistema (Schmidt; Dalgaard, 2021).

A Arla passou a equipar seus associados e extensionistas com o aplicativo *FarmAhead™ Check*, para coleta de 203 indicadores por propriedade. Entre os principais indicadores destaca-se: características das vacas no ingresso e na saída da propriedade, nascimento de bezerros, pasto e ração utilizados na alimentação, aplicação de fertilizantes e agrotóxicos na produção da alimentação animal, gestão dos dejetos, diesel consumido pelos tratores, fontes e consumo de energia elétrica. Destaque especial para o desmatamento na Amazônia para produção de soja utilizada na ração, bem como uso de pastagens nos países nórdicos que decorrem da drenagem de solos de turfa.

Uma vez que a família iniciou o cadastro com seus dados, os extensionistas da cooperativa produzem um plano individualizado para o processo de redução das emissões por propriedade priorizando cinco técnicas, os *Big Five* (Arla, s.d.):

- Aumento da produção leiteira/vaca para otimizar uso da ração;
- Balanceamento dos carboidratos, proteínas e ácidos graxos na ração para reduzir emissão de metano;
- Ampliação da idade média produtiva por vaca;
- Redução de fertilizantes nas pastagens por agricultura de precisão;
- Ampliação da produção de pasto e feno para reduzir importações.

A estimativa de impacto para os *Big Five* consiste de redução em até 8,0% das emissões na produção do leite. Adicionalmente, o plano prevê seis dimensões de ação para alcançar redução de 30,0% nas propriedades até 2030:

1. Compra de créditos de produção de baixo carbono para compensar soja do Brasil e óleo de palma da Indonésia, somando até 8,0% de reduções;
2. Produção de energia elétrica nas propriedades e troca para fontes renováveis, somando até 3,0% das reduções;
3. Processamento dos dejetos animais em biodigestores para aplicação como fertilizante, somando até 3,0% das reduções;
4. Manejo de pastagens e seleção de gramíneas para ampliar captura de carbono, além da renaturalização de solos de turfa, somando até 3,0% das reduções;
5. Seleção genética de vacas com menor emissão de metano, somando até 3,0% das reduções;
6. Criação de um consórcio de cooperativas para produção de fertilizantes com energia de fontes renováveis, somando até 2,0% das reduções.

Uma vez que a família participa do sistema, para cada meta alcançada são atribuídos no máximo até 80 pontos. A cada conjunto de pontos a família recebe um pagamento adicional de até Euro 0,03/kg leite cru, bem como pagamento adicional de Euro 0,01 pela participação no questionário anual. Quanto maior impacto da atividade na redução das emissões, maior a pontuação recebida. Ampliação da produção de leite/vaca, por exemplo, pode contar entre 1 a 13 pontos, enquanto melhoria nas pastagens conta no máximo 1 ponto. A cooperativa informa que planeja investir 500 milhões Euros para efetivar os pagamentos adicionais aos associados.

Com base em seu banco de dados a Arla divulga que, desde 2015, reduziu em 29,0% as emissões do Escopo 1 e 2, e os produtores associados reduziram em média 9,0% das emissões por litro de leite cru. Em 2022, a pegada de carbono para a média dos associados estava em 1,12 Kg CO₂e/litro. O plano de metas prevê, até 2030, a redução em 30,0% das emissões, assim a média precisa decrescer até 0,9 kg CO₂e/litro (Arla, 2023).

A cooperativa dinamarquesa Arla constitui um dos coordenadores mais ativos desse nicho, tendo alcançado a neutralidade de carbono para parcela de sua produção leiteira no mercado varejista da Suécia, em 2019.

O tópico é tão recente, que ainda não está consolidada a denominação a ser utilizada. A bibliografia registra “leite carbono zero”, além de “leite carbono neutro” ou “leite baixo carbono”. Tendo em vista os desafios para a cadeia produtiva de laticínios no RS, que perde até 10 mil famílias produtoras a cada década, a descarbonização pode, tanto se revelar um incremento da renda para o produtor, como pode se revelar um obstáculo adicional para a manutenção da atividade leiteira. Essa incerteza decorre do fato que, tanto o governo federal, como o governo estadual, tomou a decisão pela descarbonização dessa cadeia produtiva sem diálogo com os respectivos agentes econômicos, e sem apresentar um plano para sua operacionalização.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de apresentar o estado da arte sobre descarbonização da pecuária leiteira, esse trabalho realizou um *benchmark* da cooperativa de laticínios Arla, com sede na Dinamarca, considerada na bibliografia como o estado da arte na descarbonização da cadeia produtiva do leite. A partir dos resultados, foi possível comparar a realidade da descarbonização da cadeia produtiva leiteira dinamarquesa, com a gaúcha.

Os resultados possibilitaram perceber que na escala das tendências globais, existe nicho de inovação, integrado pela Associação Brasileira das Pequenas e Médias Cooperativas e Empresas de Laticínios (G100). Já na escala nacional, identificamos nicho de inovação coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), por meio do “Programa Carbono+Verde”. Essa é a referência para o governo do RS estabelecer como meta no ProClima2050.

Quanto aos nichos de inovação em escala local, identificamos que estão em construção, com o Sindilat em destaque, junto à Secretaria do Meio Ambiente do RS e Embrapa Pecuária Sul. Com base nos conceitos do Enfoque Multinível, identificamos este conjunto de atores e iniciativas como um nicho inovador em formação.

Já em relação a Arla, o estado da arte desenvolvido possibilitou compreender que as ações em curso a uma década são de tamanho custo e investimento, com ativo financiamento em grande volume pela Comissão Europeia, que não parece realista sua replicação para os produtores gaúchos.

O *case* da Arla permite entender a importância da descarbonização da cadeia produtiva do leite no RS, o papel predominante que as cooperativas terão nesse processo, bem como os desafios técnicos a superar mediante incrementos graduais por ao menos uma década. Ao contrário da descarbonização em cadeias produtivas em outros setores, onde ações objetivas como a troca de combustíveis na frota de caminhões, ou a transição para fontes renováveis de energia, atendem a mais de 60% da descarbonização, a pecuária leiteira está baseada em seres vivos inerentemente poluidores. Como uma campanha para reduzir o consumo de laticínios não parece factível, as cooperativas deverão debater limites e potenciais de uma transição sociotécnica de custo incerto, cujos impactos ainda não estão claros.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. *et al.* **Estimativa de emissões de 2023: Gases de efeito estufa dos sistemas alimentares do Brasil**. São Paulo, SP, 2023. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/10/SEEG-Sistemas-Alimentares.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2024.

ARLA FOODS. **How to reduce your farm's carbon footprint**. Aarhus, [s.d.]. Disponível em: <https://www.arla.com/4987fd/globalassets/arla-global/sustainability/dairys-climate-footprint>. Acesso em: 2 jun. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS (ABRAS). Alimentos carbono neutro já são realidade nos supermercados. 25 abr. 2022. Disponível em: <https://www.abras.com.br/clipping/sustentabilidade>. Acesso: 2 jun. 2024.

BENDER FILHO, R.; Favaretto, J.; Pott de Medeiros, A. Caracterização da produção de leite no Rio Grande do Sul: especialização, concentração e fontes do crescimento (1999-2020). **Redes**, Santa Cruz do Sul, RS, v. 28 n.1. <https://doi.org/10.17058/redes.v28i1.15634>, 2023.

BENTON Tim. G; BAILEY Rob. The paradox of productivity: agricultural productivity promotes food system inefficiency. **Global Sustainability**. v. 2, n.6. doi:10.1017/sus.2019.3, 2019.

BERKHOUT, Frans. Technological regimes, path dependency and the environment. *Global Environmental Change*, **Global Environmental Change**. v. 12, n. 1, p. 1-4, 2002.

BRASIL. Portaria MAPA Nº 650, de 31 de janeiro de 2024, Institui a Câmara Temática de Agrocarbono Sustentável que integrará o Conselho Nacional de Política Agrícola. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso: 24 mai. 2024.

BOBERG-FAZLIC, N. *et al.* Winners and losers from agrarian reform: Evidence from Danish land inequality 1682–1895. **Journal of Development Economics**, v. 155, 2022. DOI: 0.1016/j.jdeveco.2021.102813

BOSERUP, E. **The conditions of agricultural growth**: The economics of agrarian change under population pressure. [1965] London: Routledge, 1993.

CRIPPA, M. *et al.* Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. **Nature Food**, v. 2, p. 12, mar. 2021. Disponível: <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00225-9>. Acesso em: 20 set. 2023.

CUNHA, Camila, S. *et al.* Greenhouse gases inventory and carbon balance of two dairy systems obtained from two methane-estimation methods. **Science of The Total Environment**, v 571, p. 744-754, 2016.

DALGAARD, R.; SCHMIDT, J.; CENIAN, K. **Life cycle assessment of milk**: National baselines for Germany, Denmark, Sweden and United Kingdom 1990 and 2012. Aarhus: Arla Foods, 2016.

DALGAARD, R.; SCHMIDT, J.; FLYSJÖ, A. A generic model for calculating carbon footprint of milk using four different LCA modelling approaches. **Journal of Cleaner Production**, v. 73, p. 146-153, 2014.

DA HORA, A.; MELO, L. Papel e celulose. *In*: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES) (org.) **Panoramas setoriais mudanças climáticas**. Rio de Janeiro, 2016.

EMATER, Rio Grande do Sul/ASCAR. **Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no Rio Grande do Sul**: 2021. Porto Alegre, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário Leite 2023**: leite baixo carbono. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário Leite 2024**: Avaliação genética multirracial. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2024.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Perspectives on transitions to sustainability**. Report N. 25. Copenhagen, 2018.

EUROPEAN MILK BOARD (BEM). **Milk production costs in Denmark 2021**. Disponível em: <https://www.europeanmilkboard.org>. Acesso em: 2 jun. 2024.

FANTON, Marjorie, A, P. Fatores que influenciam a intenção de compra e a disposição para pagar por carbono neutro. Dissertação (Mestrado em Administração)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

FAVARETTO, Juliana.; BENDER FILHO, R. Produção de leite no Rio Grande do Sul: distribuição espacial e fontes de crescimento. ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL ANPEC, 26°. ...ANAIS, 2023.

GEELS, Frank. The multi-level perspective on sustainability transitions: responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 24–40, 2011.

GEELS, Frank. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8-9, p. 1257–1274, 2002.

GIL, Antônio. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção de Leite**. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br> Acesso em: Acesso em: 2 jun. 2025.

HRISTOV, Alexander, N. Invited review: Advances in nutrition and feed additives to mitigate enteric methane emissions, **Journal of Dairy Science**, v 107, p. 4129-4146, 2024, <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24440>.

HRISTOV, Alexander, N. Perspective: Could dairy cow nutrition meaningfully reduce the carbon footprint of milk production? **J. Dairy Sci.**, v.106, p. 7336-7340, 2023, <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23461>.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF). **The IDF global carbon footprint standard for the dairy sector**. Bulletin 520. Bruxelas, 2022.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Summary for Policymakers. 2023. 40p. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em: 05 mai. 2023.

JESSE, B.; PEROTTI, A.; ROOS, D. **Decarbonizing grocery**. 22 jul. 2022, McKinsey. Disponível em: <https://www.mckinsey.com>. Acesso em: 26 mai. 2024.

JONGENEEL, R. *et al.* **Development of milk production in the EU after the end of milk quotas**. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies. Bruxelas, 2023.

LIMA JUNIOR, Eduardo. B. Análise documental como percurso metodológico na pesquisa qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, v.20, n.44, p.36-51/2021. Disponível em: <https://www.revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2356> Acesso em: 6 Dez. 2023.

KISLEV, Yoav. Agricultural cooperatives in Israel: Past and present. In: KIMHI, A.; LERMAN, Z. (orgs.). **Agricultural transition in post-soviet Europe and Central Asia after 25 years**. Halle: IAMO, 2015, p. 281-302.

LUND, Jorn. (ed). **Den Store Danske Encyklopædi**. v. 1. Kopenhagen: Gyldendal, 1996.

MALISZEWSKI, Elisa. **RS: em 2023, pecuária de leite foi marcada por desistências e baixa de preços**. 4 jan. 2024, Canal Rural. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br>. Acesso em: 27 mai. 2024.

MORDHORST, Mads. Arla and Danish national identity: business history as cultural history, **Business History**, v. 56, n. 1, p. 116-133, 2014. DOI: 10.1080/00076791.2013.818422

PARSONS, Kelly; HAWKES, Corinna; WELLS, Rebecca. What is the food system? A Food policy perspective. *In: Rethinking Food Policy*. London: Centre for Food Policy; 2019.

PICCOLI, Tamires. **RS desponta na produção de leite carbono neutro**. 30 out. 2023, Folha de São Paulo. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br>. Acesso em: 26 mai. 2024.

RACHWAL, Marcos, F, G. *et al.* **Estoque de carbono e viabilidade econômica de erva-mate sombreada e sob pleno sol**: estudo de caso em Cruz Machado e Bituruna, PR. Documentos 930. Ebook. Colombo: Embrapa Florestas, 2023.

RAMDORAI, Aditi.; DELIVANIS, Christine.; SIMONS, Rupert. **Delivering net zero in the food sector**. London: Systemiq, 2023.

RIES, Jaime, E. Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no RS 2023. Porto Alegre: Emater RS, 2023.

RIES, Jaime, E. Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no RS 2019. Porto Alegre: Emater RS, 2019.

RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria do Planejamento. Atlas socioeconômico**: leite. 2023 Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/leite>. Acesso em: 27 mai. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. **ProClima2050**: estratégias para o enfrentamento das mudanças climáticas do RS. Porto Alegre, ago. 2023, atualização 1.2024(a).

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. **Radiografia da agropecuária gaúcha 2022**. Ebook. Porto Alegre, 2022.

RIP, Arie.; KEMP, René. Technological change In: RAYNER, S.; MALONE, E. (eds.) **Human choices and climate change**. New York: Columbus, 1998.

SÁTYRO, Natália, G. D.; D'ALBUQUERQUE, Raquel. W. O que é um Estudo de Caso e quais as suas potencialidades. **Sociedade e Cultura**, Goiânia, v. 23, 2020. DOI: 10.5216/sec.v23i.55631. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fcs/article/view/55631>. Acesso em: 5 jun. 2025.

SCHMIDT, J.; DALGAARD, R. **Arla Foods FarmTool v2021**: Updates and adding new technologies. Aarhus: Arla Foods, 2021.

SCHMIDT, J.; DALGAARD, R. **National and farm level carbon footprint of milk: Methodology and results for Danish and Swedish milk 2005 at farm gate**. Aarhus: Arla Foods, 2012.

SCHUMPETER, Joseph. **Capitalismo, socialismo e democracia**. 1942 Tradução: Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

SHARP, Paul. *et al.* A Microlevel Analysis of Danish Dairy Cooperatives: Opportunities for Large Data in Business History. **Enterprise & Society**, v. 1, n. 29, 2023. DOI:10.1017/eso.2023.5

SILVA, Rosana, de O. P. e. Panorama do Mercado de Leite em 2023. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 18, n. 8, p. 1-7, ago. 2023.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DO RS (SINDILAT). **Palestras gravadas do RS Carbon Free**. 1 set. 23. Disponível em: <https://www.sindilat.com.br/site/2023/09/01/rs-carbon-free/>. Acesso: 29 mai. 24.

SKRUBBELTRANG, Fridlev, S. Agricultural development and rural reform in Denmark. *FAO Agricultural Studies* 22, 1953.

SMITH, Adrian.; STIRLING, Andy.; BERKHOUT, Frans. The governance of sustainable socio-technical transitions. **Research Policy**, v. 34, p. 1491-1510, 2005.

TUBIELLO, Francesco, N. *et al.* Pre- and post-production processes increasingly dominate greenhouse gas emissions from agri-food systems. **Earth System Science Data**, v. 14, n. 4, p. 1795-1809,. 2022. DOI: 10.5194/essd-14- 1795-2022.