

GRUPO DE PESQUISA EM AMBIENTE, SOCIEDADE E SUSTENTABILIDADE (GPASS)

Roberto Carbonera

Leonir Terezinha Uhde

Daniel Reges Rossetto

Laíze Moraes Inácio

Daiane Roso Carini

Gabriela Schmorantz de Oliveira Dallavechia

(Organizadores)



EDITORA

ILUSTRAÇÃO

ROBERTO CARBONERA
LEONIR TEREZINHA UHDE
DANIEL REGES ROSSETTO
LAÍZE MORAES INÁCIO
DAIANE ROSO CARINI
GABRIELA SCHMORANTZ DE OLIVEIRA DALLAVECHIA
(ORGANIZADORES)

GRUPO DE PESQUISA EM AMBIENTE, SOCIEDADE E SUSTENTABILIDADE (GPASS)

Editora Ilustração
Santo Ângelo – Brasil
2025



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

Editor-gerente: Fábio César Junges

Capa: IA

Revisão: Os autores

CATALOGAÇÃO NA FONTE

G892 Grupo de pesquisa em ambiente, sociedade e sustentabilidade (GPASS) / organizadores: Roberto Carbonera ... [et al.]. - Santo Ângelo : Ilustração, 2025.
318 p. : il. ; 21 cm

ISBN 978-65-6135-205-5

DOI 10.46550/978-65-6135-205-5

1. Educação ambiental. 2. Sustentabilidade. 3. Desigualdade social. 4. Biodiversidade. I. Carbonera, Roberto (org.).

CDU: 37:504

Responsável pela catalogação: Fernanda Ribeiro Paz - CRB 10/ 1720



E-mail: eilustracao@gmail.com

www.editorailustracao.com.br

Conselho Editorial



Dra. Adriana Maria Andreis	UFFS, Chapecó, SC, Brasil
Dra. Adriana Mattar Maamari	UFSCAR, São Carlos, SP, Brasil
Dra. Berenice Beatriz Rossner Wbatuba	URI, Santo Ângelo, RS, Brasil
Dr. Clemente Herrero Fabregat	UAM, Madri, Espanha
Dr. Daniel Vindas Sánchez	UNA, San Jose, Costa Rica
Dra. Denise Tatiane Girardon dos Santos	UNICRUZ, Cruz Alta, RS, Brasil
Dr. Domingos Benedetti Rodrigues	UNICRUZ, Cruz Alta, RS, Brasil
Dr. Edemar Rotta	UFFS, Cerro Largo, RS, Brasil
Dr. Edivaldo José Bortoleto	UNOCHAPECÓ, Chapecó, SC, Brasil
Dra. Elizabeth Fontoura Dorneles	UNICRUZ, Cruz Alta, RS, Brasil
Dr. Evaldo Becker	UFS, São Cristóvão, SE, Brasil
Dr. Glaucio Bezerra Brandão	UFRN, Natal, RN, Brasil
Dr. Gonzalo Salerno	UNCA, Catamarca, Argentina
Dr. Héctor V. Castanheda Midence	USAC, Guatemala
Dr. José Pedro Boufleuer	UNIJUÍ, Ijuí, RS, Brasil
Dra. Keiciane C. Drehmer-Marques	UFSC, Florianópolis, RS, Brasil
Dr. Luiz Augusto Passos	UFMT, Cuiabá, MT, Brasil
Dra. Maria Cristina Leandro Ferreira	UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil
Dra. Neusa Maria John Scheid	URI, Santo Ângelo, RS, Brasil
Dra. Odete Maria de Oliveira	UNOCHAPECÓ, Chapecó, SC, Brasil
Dra. Rosângela Angelin	URI, Santo Ângelo, RS, Brasil
Dr. Roque Ismael da Costa GÜLlich	UFFS, Cerro Largo, RS, Brasil
Dra. Salete Oro Boff	ATITUS, Passo Fundo, RS, Brasil
Dr. Tiago Anderson Brutti	UNICRUZ, Cruz Alta, RS, Brasil
Dr. Vantoir Roberto Brancher	IFFAR, Santa Maria, RS, Brasil

Este livro foi avaliado e aprovado por pareceristas *ad hoc*.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	13
Sandra Beatriz Vicenci Fernandes	
Capítulo 1 - SISTEMAS SOCIOAMBIENTAIS, SOCIEDADES SUSTENTÁVEIS E INTERDISCIPLINARIDADE	23
Roberto Carbonera	
Daniel Rubens Cenci	
Sandra Beatriz Vicenci Fernandes	
Leonir Terezinha Uhde	
Capítulo 2 - CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA E ALIMENTOS POR AGROTÓXICOS	41
Roberto Carbonera	
Daniel Reges Rossetto	
Rodrigo Luís Wunder	
Natália Dias de Oliveira	
Capítulo 3 - QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO EM ÁREAS RURAIS: UMA REVISÃO.....	61
Adriane Marisa Burchardt Schultz	
Juliana Maria Fachinetto	
Christiane de Fátima Colet	
Roberto Carbonera	
Capítulo 4 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS E NA QUALIDADE DE VIDA NAS REGIÕES NOROESTE E MISSÕES DO RIO GRANDE DO SUL	75
Leonir Terezinha Uhde	
Laíze Moraes Inácio	
Maria Aparecida Zasso	

Capítulo 5 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA PROVENIENTE DO SISTEMA DE TRANSPORTE INTERURBANO DO SENEGAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	91
Amadou Diouf	
Roberto Carbonera	
Masse Faye	
Aissatou Diouf	
Capítulo 6 - CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO	107
Gabriela Schmorantz de Oliveira Dalavechia	
Leonir Terezinha Uhde	
Vidica Bianchi	
Natália Dias de Oliveira	
Capítulo 7 - IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS DE LEITE E DE CORTE NA REGIÃO SUL DO BRASIL E NORMANDIA DA FRANÇA.....	133
Amath Ndao	
Roberto Carbonera	
Capítulo 8 - PILARES DO PAISAGISMO SUSTENTÁVEL E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS): EQUILÍBRIO ENTRE FORMA E FUNÇÃO.....	163
Laíze Moraes Inácio	
Tarcisio Dorn de Oliveira	
Capítulo 9 - POTENCIALIDADES DE UMA TRILHA ECOLÓGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	175
Vidica Bianchi	
Rafael Schneider Costa	
Nadine Leiria Paré	
Capítulo 10 - PRESERVAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA	187
Diovana Machado da Silva	
Gabriela Schmorantz de Oliveira Dallavechia	
Micaela Ferreira Viana	
Gisele Coelho Böing	

Capítulo 11 - QUALIDADE AMBIENTAL E INTERVENÇÃO URBANA: O PAPEL DOS MURAIS NA PAISAGEM DE AUGUSTO PESTANA.....	201
Kauany Soares Lara De Araujo	
Diane Meri Weiler Johann	
Tarcisio Dorn de Oliveira	
Paula Weber Prediger	
Igor Norbert Soares	
Fernanda da Cunha Pereira	
Capítulo 12 - RESÍDUOS SÓLIDOS E A EDUCAÇÃO BÁSICA: ANÁLISE TEÓRICA DOS PRINCIPAIS ASPECTOS DESSA RELAÇÃO	213
Micaela Ferreira Viana	
Juliana Maria Fachinetto	
Vidica Bianchi	
Gisele Coelho Böing	
Diovana Machado da Silva	
Capítulo 13 - AGRICULTURA FAMILIAR: CONDIÇÕES DE TRABALHO, QUALIDADE DE VIDA, SAÚDE E SUSTENTABILIDADE	227
Daniel Reges Rossetto	
Daiane Roso Carini	
Roberto Carbonera	
Capítulo 14 - QUALIDADE AMBIENTAL E DE VIDA ATRELADAS AO DESENVOLVIMENTO DE CONDOMÍNIOS SUSTENTÁVEIS	237
Murilo Antonio Scardoeli Miquelucci	
Juliana Maria Fachinetto	
Capítulo 15 - LINHAÇA: UMA CULTURA EMERGENTE PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL NO SUL DO BRASIL.....	247
Inaê Carolina Sfalcin	
Juliana Maria Fachinetto	
Capítulo 16 - ALELOPATIA COMO FERRAMENTA: O POTENCIAL DOS EXTRATOS DE <i>ACHYROCLINE SATUREOIDES</i> (LAM.) DC. NO CONTROLE DE ESPÉCIES INVASORAS	265
Liziane Kraemer Raffaelli	
Juliana Maria Fachinetto	

Capítulo 17 - AS ÁREAS ÚMIDAS DO PAMPA: SUA IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA E DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO	277
Rafael Schneider Costa	
Caroline Iziquiel Martins	
Juliana Maria Fachinetto	
Capítulo 18 - ASSOCIAÇÃO ENTRE EXPOSIÇÃO A AGROTÓXICO E CASOS DE TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)	289
Andressa Palharini Machado	
Roberto Carbonera	
Christiane de Fátima Collet	
Capítulo 19 - IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DO TRANSPORTE MARÍTIMO DO SENEGAL.....	305
Alassane Cissokho	
Roberto Carbonera	

APRESENTAÇÃO

A presente obra, é fruto do trabalho coletivo de docentes e discentes do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS) do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), da UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. Reúne uma coletânea de estudos e reflexões que dialogam com os desafios contemporâneos da sustentabilidade, da educação ambiental e da preservação dos sistemas socioecológicos.

Vivemos o despontar de uma nova era civilizatória, impregnada por desafios ambientais globais que transbordam fronteiras e exigem reflexões profundas, políticas inovadoras e, sobretudo, engajamento coletivo. Diante do acirramento das crises socioambientais — das ameaças climáticas, à erosão da biodiversidade, da pressão sobre recursos naturais à desigualdade social — emerge, com vigor, a necessidade de redesenhar as bases da convivência humana com a natureza. É nesse contexto multifacetado que se insere este livro, um convite abrangente e interdisciplinar à análise crítica, à construção empírica do conhecimento e à defesa de uma transição justa para sociedades mais saudáveis e sustentáveis.

Com uma abordagem interdisciplinar e crítica, os capítulos exploram temas que vão desde a contaminação por agrotóxicos até o papel da arte urbana na qualidade ambiental, oferecendo ao leitor uma visão abrangente e atualizada sobre as múltiplas dimensões da crise ambiental e suas possíveis soluções. A obra reúne capítulos singulares, que dialogam entre si na busca de soluções para problemas ambientais atuais e crônicos. Tal diversidade reflete uma abordagem de natureza interdisciplinar — inspirada pela convergência de saberes das ciências naturais, humanas, sociais, pedagógicas, tecnológicas e artísticas. Mais do que uma coleção de investigações, este livro se oferece como instrumento de reflexão sobre caminhos possíveis para o futuro, sem perder de vista o pluralismo cultural, a contextualização regional e as urgências globais que perpassam o debate sobre desenvolvimento e sustentabilidade.

Este livro parte do reconhecimento de que uma sociedade sustentável só será possível se houver diálogo entre conhecimento científico, participação popular e políticas públicas eficazes. O caminho demanda tecnologias sociais apropriadas, respeito à legislação ambiental, fortalecimento institucional e, principalmente, disposição para repensar

posturas e práticas cotidianas. Cada capítulo, a seu modo, contribui para iluminar esse horizonte de sociedades sustentáveis, propondo análises, soluções e estratégias para vencer a distância que separa o diagnóstico da ação.

Com uma abordagem interdisciplinar e crítica, os autores e autoras aqui reunidos exploram temas que vão desde a contaminação ambiental e os impactos das mudanças climáticas, até estratégias inovadoras de educação ambiental, agricultura sustentável e planejamento urbano. A obra propõe-se como um espaço de diálogo entre ciência, sociedade e natureza, oferecendo ao leitor não apenas diagnósticos, mas também caminhos possíveis para a transformação.

O capítulo inicial, “*Sistemas socioambientais, sociedades sustentáveis e interdisciplinaridade*”, de autoria de Roberto Carbonera, Daniel Rubens Cenci, Sandra Beatriz Vicenci Fernandes e Leonir Terezinha Uhde estabelece as bases conceituais e o escopo de trabalho do GPASS, resgatando o projeto de pesquisa que o fundamenta. A compreensão dos sistemas socioambientais constitui um dos pilares do pensamento contemporâneo sobre sustentabilidade. Essa abordagem reconhece que o ambiente não pode ser entendido isoladamente das dinâmicas sociais, econômicas, legais e políticas que o moldam. Isso implica em conhecer a dinâmica dos sistemas naturais frente às ações antrópicas, bem como seus desdobramentos no campo social, econômico e político, que partem do local, regional, ao contexto global.

O conjunto de evidências reunidas no capítulo “*Contaminação de água e alimentos por agrotóxicos*” por Roberto Carbonera, Daniel Reges Rossetto, Rodrigo Luís Wunder e Natália Dias de Oliveira revela que se trata de um problema sistêmico, que ultrapassa a esfera agronômica e alcança dimensões ambientais, sanitárias, econômicas e regulatórias. Os autores analisam os impactos na água e nos alimentos, com implicações diretas para a saúde pública e a segurança alimentar revelando que a realidade observada na Região Noroeste do RS é marcada pelo uso intensivo de agrotóxicos, resultando na detecção de resíduos em água e alimentos e por indícios de impactos à saúde. Trata-se de uma realidade que sintetiza, em escala local, um quadro que reflete a realidade nacional.

A água potável é um direito fundamental e um elemento essencial para a saúde pública. No entanto, em áreas rurais, o acesso à água de qualidade ainda enfrenta diversos desafios. A revisão proposta por Adriane Marisa Burchardt Schultz; Juliana Maria Fachinetto; Christiane de Fátima Colet

e Roberto Carbonera no texto “*Qualidade da água destinada ao consumo humano em áreas rurais: uma revisão*” aborda aspectos atuais do acesso e qualidade da água no âmbito rural, ressaltando a imprescindibilidade da água não apenas às atividades agrícolas e pecuárias, mas também seu provimento às comunidades. Esta revisão analisa os principais fatores que influenciam a qualidade da água em comunidades rurais, abordando aspectos como: fontes de abastecimento predominantes, contaminantes mais comuns de natureza biológica, química e física, impactos na saúde da população e aspectos de legislação e parâmetros de potabilidade. Destaca a necessidade de medidas que promovam segurança hídrica e equidade no acesso à água potável em regiões rurais, bem como a premente adoção de padrões de manejo agropecuários com ênfase na qualidade da água e menor dependência de agrotóxicos, com o planejamento e gestão do uso e ocupação do solo, fomentado por meio de programas de educação ambiental no campo.

Ao expandir a análise para além do território brasileiro, o livro contempla o caso emblemático da poluição atmosférica provocada pelo transporte interurbano no Senegal no texto “*Avaliação dos impactos da poluição atmosférica proveniente do sistema de transporte interurbano do Senegal: uma revisão sistemática*” proposto por Amadou Diouf, Roberto Carbonera, Masse Faye, Aissatou Diouf. Inserido no contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e do Acordo de Paris, este tema mostra como os desafios enfrentados por países do Sul Global — como Senegal — são, em muitos casos, análogos aos do Brasil, ainda que apresentem particularidades socioeconômicas e tecnológicas. A experiência do Senegal ilustra o desafio de implementar sistemas de transporte urbano e interurbano mais eficientes e menos poluentes — um desafio partilhado por diversos países africanos, latino-americanos e asiáticos. A análise envolve não apenas o aspecto ambiental, mas também a vulnerabilidade social, os impactos na saúde pública e a necessidade urgente de estratégias de transição energética justa, planejamento urbano e políticas públicas alinhadas aos ODS.

A saúde do solo é a base para a sustentabilidade de sistemas produtivos, biodiversidade, segurança alimentar e qualidade de vida. O capítulo destaca o papel inovador da Cromatografia Circular de Pfeiffer — um método visual, de baixo custo e participativo, que avalia a vitalidade e a função ecológica do solo por meio de padrões de cores e formas em papéis filtro tratados com reagentes específicos. As técnicas apresentadas em “*Cromatografia circular de Pfeiffer e análises físico-químicas na avaliação da*

qualidade do solo” por Gabriela Schmorantz de Oliveira Dalavechia, Leonir Terezinha Uhde, Vidica Bianchi e Natália Dias de Oliveira objetivam dar acesso a métodos facilmente apreensíveis de avaliação passíveis de serem aplicados por agricultores, técnicos e estudantes. O texto apresenta e ilustra a aplicabilidade do método, demonstrando sua eficácia como um modelo de diagnóstico, que ao ser integrado às análises físico-químicas torna-se um importante instrumento, capaz de revelar simultaneamente a estrutura, a fertilidade e a vitalidade dos solos.

A intensificação das atividades agropecuárias de leite e corte figuram entre os temas centrais do debate ambiental contemporâneo. Essa relevância se dá tanto pelo papel econômico e social que desempenham, especialmente em regiões como o sul do Brasil e a Normandia, na França, quanto pelos impactos ambientais associados às cadeias produtivas — uso intensivo de recursos naturais, emissão de gases de efeito estufa (GEE), degradação do solo, poluição hídrica e risco à biodiversidade, tema abordado por Amath Ndao e Roberto Carbonera no capítulo “*Impactos ambientais causados pelas atividades agropecuárias de leite e de corte na região sul do Brasil e Normandia da França*.” A comparação entre os sistemas de produção no Sul do Brasil e na Normandia revela diferenças significativas em termos de práticas de manejo, uso de insumos e estratégias de mitigação dos impactos ambientais. Enquanto no Sul do Brasil há uma tendência para sistemas mais extensivos, na Normandia predomina a produção intensiva, consequentemente com impactos importantes e distintos.

Leonir Terezinha Uhde, Laíze Moraes Inácio e Maria Aparecida Zasso, autoras de “*Mudanças climáticas e seus impactos nos sistemas produtivos e na qualidade de vida nas regiões Noroeste e Missões do Rio Grande do Sul*” enfatizam a relevância das mudanças climáticas, que se consolidaram como um dos maiores desafios da humanidade, impactando de forma direta os sistemas naturais e socioeconômicos em escala global. O Rio Grande do Sul figurou no epicentro de eventos climáticos extremos nas últimas décadas, resultado da intensificação das mudanças climáticas globais. Episódios recentes de chuvas intensas, estiagens prolongadas e enchentes históricas não são mais exceções, mas a nova regra de um clima alterado, pressionando sistemas produtivos, infraestrutura e a própria vida socioeconômica das comunidades. As regiões em foco são compostas majoritariamente por municípios de pequeno e médio porte, com economias dependentes do setor primário e uma expressiva população rural, o que as torna particularmente vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas. A análise dos impactos evidencia a vulnerabilidade estrutural

das comunidades e dos modelos produtivos, resultado de fatores históricos como dependência de monoculturas, fragilidade da infraestrutura rural, desigualdade socioeconômica e limitada capacidade institucional de resposta a desastres.

O capítulo *“Pilares do paisagismo sustentável e os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS): equilíbrio entre forma e função”* de autoria de Laíze Moraes Inácio e Tarcisio Dorn de Oliveira propõe-se a abordar o paisagismo como um componente da sustentabilidade, assumindo papel destacado em um mundo que anseia por cidades e territórios mais verdes, habitáveis e resilientes. O paisagismo sustentável vai muito além da preocupação estética promovendo a integração de soluções baseadas na natureza, inovação arquitetônica, promoção da saúde pública e fortalecimento do senso de comunidade. Ao alinhar-se com os ODS, o paisagismo contemporâneo firma-se como um elo crítico entre o planejamento urbano, a saúde coletiva, a preservação ambiental e a cultura sustentável. O texto traz reflexões e exemplos que apontam o caminho para a multiplicação dessas práticas em diferentes contextos — sejam públicos, privados ou comunitários. Demonstra que ao unir beleza e função, o paisagismo sustentável desempenha papel fundamental na mitigação dos impactos ambientais, na promoção da biodiversidade e na construção de cidades mais resilientes e humanas.

O uso de trilhas ecológicas como instrumento de educação ambiental representa a materialização do conceito de “aprender fazendo”, conectando experiência sensorial, conhecimento científico e vivência dos valores ecológicos. *“Potencialidades de uma trilha ecológica para o desenvolvimento da educação ambiental”* de autoria de Vidica Bianchi, Rafael Schneider Costa e Nadine Leiria Paré apresenta uma experiência de uma trilha ecológica no contexto urbano, que tem permitido ao público escolar, e à comunidade em geral, o contato direto com a natureza, a assimilação de conteúdos de biodiversidade, clima, solo, água e relações ecológicas, além de estimular o protagonismo de jovens guias e monitores. O texto revela que a prática é capaz de modificar comportamentos, fomentar a empatia ambiental e gerar um processo de aprendizagem interdisciplinar que transcende o espaço da sala de aula.

As mudanças climáticas, maior desafio do século XXI, batem à porta das escolas brasileiras. Com a obrigatoriedade do ensino sobre clima no currículo nacional - prevista a partir de 2025 pela BNCC -, a formação de uma geração capaz de compreender, dialogar e agir diante desse fenômeno

torna-se prioridade absoluta. Esse desafio é abordado no capítulo “*Preservação ambiental e o ensino sobre mudanças climáticas na educação básica*” de autoria de Diovana Machado da Silva, Gabriela Dallavechia, Micaela Ferreira Viana e Gisele Coelho Böing. O texto enfatiza a necessidade de reorganizar os documentos que norteiam a educação básica para que sejam abordados de forma integral as dimensões do desenvolvimento sustentável e clima ambiental, a construção de um currículo com conhecimentos específicos e básicos de modo interdisciplinar, voltado ao ensino de práticas em que se articulem natureza, história e cultura. Incluir educação climática no projeto pedagógico é, mais do que cumprir uma determinação legal, um ato de justiça geracional — na garantia dos direitos à informação, à saúde e à participação efetiva na construção de um futuro sustentável.

As artes urbanas, especialmente o muralismo, despontam como elo entre expressão cultural, revitalização de espaços urbanos e educação ambiental. “*Qualidade ambiental e intervenção urbana: o papel dos murais na paisagem de Augusto Pestana*”. Kauany Soares Lara De Araujo, Diane Meri Weiler Johann, Tarcisio Dorn de Oliveira, Paula Weber Prediger, Igor Norbert Soares e Fernanda da Cunha Pereira abordam o projeto de revitalização do muro de contenção em Augusto Pestana, RS exemplificando como a arte pode transformar áreas degradadas, gerar pertencimento, valorizar a identidade local e transmitir mensagens de preservação, cidadania e memória. Em Augusto Pestana, a adoção da linguagem dos quadrinhos, aliados ao uso de cores e símbolos locais, revela uma busca pelo diálogo entre tradição e inovação, valorizando a memória coletiva enquanto projeta novas possibilidades para a ocupação sustentável do território urbano. Ao revitalizar um muro de contenção por meio da arte, o espaço antes restrito à função estrutural ganha nova leitura estética e social, integrando-se ao cotidiano dos moradores como ponto de referência e identidade, em diálogo com princípios de sustentabilidade ao promover a ocupação qualificada, estimular a preservação e reduzir a degradação visual.

A integração entre gestão de resíduos e educação ambiental é fundamental não só para a redução do impacto ambiental das unidades escolares, mas para a formação de cidadãos conscientes dos seus direitos e deveres ante os desafios da sustentabilidade. Com esse intuito, o texto “*Resíduos sólidos e a educação básica: análise teórica dos principais aspectos dessa relação*” de autoria de Micaela Ferreira Viana, Juliana Maria Fachinetto, Vidica Bianchi, Gisele Coelho Böing e Diovana Machado da Silva aborda a gestão de resíduos sólidos nas escolas como questão

primordial para a promoção de práticas sustentáveis desde a infância. O trabalho demonstra que, em que pesem os desafios, o desenvolvimento de práticas sustentáveis e projetos voltados para a gestão dos resíduos sólidos nas escolas mostraram-se eficazes na mudança de comportamentos e na construção de comunidades comprometidas com a sustentabilidade.

O capítulo “*Agricultura familiar: Saúde, qualidade de vida e sustentabilidade*”, apresentado Daniel Reges Rossetto, Daiane Roso Carini e Roberto Carbonera, aborda a agricultura familiar como um pilar essencial para a segurança alimentar, a preservação ambiental e o desenvolvimento rural. Discute como práticas agroecológicas, o acesso a políticas públicas e a valorização da cultura local promovem não apenas a produção de alimentos saudáveis, mas também a melhoria da qualidade de vida das famílias envolvidas. Nesse contexto, a agroecologia surge como expressão fundamental. Ao integrar saberes populares e científicos, promove sistemas produtivos resilientes, fortalece a soberania alimentar, reduz a emissão de gases de efeito estufa e enfrenta, de forma concreta, os desafios das mudanças climáticas.

“*Qualidade ambiental e de vida atreladas ao desenvolvimento de condomínios sustentáveis*” de autoria de Murilo Antonio Scardoeli Miquelucci e Juliana Maria Fachinetto explora como o planejamento urbano pode incorporar princípios ecológicos na criação de condomínios sustentáveis empregando ecotécnicas que consideram o melhor aproveitamento dos materiais e recursos disponíveis. São discutidos aspectos como abrigo à biodiversidade, gestão de resíduos, integração com a natureza e bem-estar dos moradores, evidenciando que o ambiente construído pode ser aliado da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade.

Inaê Carolina Sfalcin e Juliana Maria Fachinetto analisam o potencial de uma cultura promissora no sistemas de cultivo no texto “*Linhaça: uma cultura emergente para a produção agrícola sustentável no sul do Brasil*”. O capítulo destaca suas propriedades nutricionais, benefícios agronômicos e potencial econômico, além de discutir práticas de cultivo que respeitam o solo e os ciclos naturais, contribuindo para uma agricultura mais equilibrada. Entretanto, as informações limitadas sobre práticas de cultivo adequadas têm gerando resistência por parte dos agricultores em adotarem seu cultivo. As autoras destacam que pesquisas voltadas a identificação de variedades de linhaça mais resilientes, produtivas e adaptadas às realidades ambientais e sociais representam um potencial para integrar estratégias agroambientais alinhadas às boas práticas agrícolas.

A alelopatia vem sendo reconhecida como uma estratégia inovadora e ecológica no manejo de plantas invasoras, tema abordado por Liziane Kraemer Raffaelli e Juliana Maria Fachinetto no texto: “*Alelopatia como ferramenta: o potencial dos extratos de Achyrocline satureioides (lam.) dc. no controle de espécies invasoras*”. O capítulo enfoca os extratos da *Achyrocline satureioides*, conhecida popularmente como marcela, e seu potencial para reduzir o uso de herbicidas químicos, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e menos agressivas ao meio ambiente. Os resultados preliminares promissores apontam para a importância de estudos aprofundados sobre os constituintes responsáveis pelo efeito alelopático.

O capítulo de autoria de Rafael Schneider Costa, Caroline Iziquiel Martins e Juliana Maria Fachinetto “*As áreas úmidas do pampa: sua importância ecológica e desafios para a conservação*” mergulha na riqueza ecológica das áreas úmidas do bioma Pampa. São abordadas suas funções ambientais, como regulação hídrica e abrigo à biodiversidade, além dos riscos que enfrentam devido à expansão agropecuária e à inobservância de políticas de conservação. A intensificação das atividades agropecuárias, a drenagem de banhados, a expansão urbana e o uso de agrotóxicos têm promovido a fragmentação e degradação desses ambientes, comprometendo seus serviços ecossistêmicos e colocando em risco espécies endêmicas e ameaçadas. A discussão propõe caminhos para proteger esses ecossistemas vitais.

O capítulo “*Associação entre exposição a agrotóxico e casos de transtorno do espectro autista (TEA)*” de Andressa Palharini Machado, Roberto Carbonera, Christiane de Fátima Collet se dedica ao estudo da associação entre a exposição à agrotóxicos e à ocorrência de transtorno do espectro autista. Dados de pesquisas, associam, de forma positiva, o risco de um filho desenvolver transtorno do espectro autista após a exposição pré-natal a pesticidas presentes no ar ambiente em um raio de 2000 m da residência da mãe durante a gravidez, em comparação com filhos de mulheres da mesma região agrícola que não foram expostas a esses pesticidas. O que justifica a realização desta pesquisa em nível regional.

Por fim, o capítulo “*Impactos ambientais e sociais do transporte marítimo do Senegal*” de autoria de Alassane Cissokho e Roberto Carbonera trata dos impactos ambientais e sociais gerados pelo transporte marítimo no Senegal. O Senegal é uma importante porta de transporte marítimo para o país e para os países vizinhos. O intenso trânsito marítimo provoca diversos impactos que vão da emissão de gases de efeitos estufa, interferência na vida

marinha, no subemprego da mão-de-obra, na exclusão de comunidades tradicionais, assim como em problemas de saúde junto à população, principalmente, da capital Dakar.

Este livro se oferece, ao leitor, como um convite generoso à imersão crítica nos desafios e possibilidades presentes na construção de sociedades mais justas, solidárias e sustentáveis. Os capítulos que compõem a obra foram desenhados para inspirar, provocar reflexões, desafiar certezas e incentivar o protagonismo coletivo na transição para um novo paradigma civilizatório.

Trata-se de um mosaico de experiências, visões e soluções, que articula o global e o local, o diagnóstico e o projeto, a investigação científica rigorosa e a sensibilidade dos saberes populares. A transição ecológica, social e econômica que perseguimos será, necessariamente, uma construção coletiva e contínua, enraizada nas realidades regionais, mas animada pela utopia de uma sociedade que reconheça a urgência de mudanças.

Que a leitura deste livro inspire estudantes, educadores, gestores, artistas, agricultores e todas as pessoas comprometidas com o desafio de reinventar o futuro. Que sirva como ponte entre pesquisa acadêmica, políticas públicas inovadoras e práticas transformadoras em todos os territórios.

SANDRA BEATRIZ VICENCI FERNANDES

Capítulo 1

SISTEMAS SOCIOAMBIENTAIS, SOCIEDADES SUSTENTÁVEIS E INTERDISCIPLINARIDADE¹

ROBERTO CARBONERA²; DANIEL RUBENS CENCI³; SANDRA BEATRIZ VICENCI FERNANDES⁴; LEONIR TEREZINHA UHDE⁵

¹Texto base de fundamentação e criação do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS) do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), da UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS.

²Professor, Dr., Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br

²Professor, Dr., Programa de Pós-Graduação em Direitos Humanos, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: danielr@unijui.edu.br

⁴Professora, Dra., aposentada, Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: sandravicenci12@gmail.com

⁵Professora, Dra. Agronomia e Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: uhde@unijui.edu.br

Introdução

O presente texto constitui-se no projeto norteador que busca articular as investigações no âmbito do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade e as temáticas atinentes. Busca-se apreender o processo de desenvolvimento a partir do espaço natural e histórico de uso do solo, da água, do ar, do sol, dos sistemas de energia e transformação, em geral. Trata-se de investigar as ações humanas e interações com os sistemas naturais e produtivos, bem como analisar as causas da crise socioambiental com a diversidade de linguagens e perspectivas, desde os processos naturais até as ideias da sociedade industrial, de consumo e hiperconsumo, no contexto da crise socioambiental. Isso pressupõe abordar elementos e categorias de análise como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a Agenda 2030 da ONU, Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Bem Viver, Qualidade de Vida, Sustentabilidade, Sistemas de Produção,

Agroecologia, manutenção dos ecossistemas e serviços ecossistêmicos. Assim como integrar o debate acadêmico que dialoga com Sociedades Sustentáveis, Decrescimento, ou Pós-Desenvolvimento, em diálogos de saberes interdisciplinares.

Inserção do projeto em área temática prioritária definida no plano de desenvolvimento institucional

O projeto se propõe a analisar as causas da crise socioambiental e seus desdobramentos com a diversidade de linguagens e perspectivas, desde os processos naturais até as ideias da sociedade industrial, de consumo e hiperconsumo, no contexto do Antropoceno, com vistas a contribuir para a construção de uma sociedade sustentável. Isso pressupõe abordar elementos e categorias de análise como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a Agenda 2030 da ONU, Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Bem Viver, Qualidade de Vida, Sustentabilidade, Sistemas de Produção, Agroecologia, manutenção dos ecossistemas e serviços ecossistêmicos. Assim como integrar o debate acadêmico que dialoga com Sociedades Sustentáveis, Decrescimento, ou Pós-Desenvolvimento, em diálogos de saberes interdisciplinares, estritamente vinculadas ao PDI institucional.

Tema e delimitação do tema

O tema nucleador do presente projeto é o desafio da busca pela sustentabilidade em suas múltiplas ações. Trata-se de um projeto multitemático, o que implica em considerar os diversos aspectos da sustentabilidade, as causas da crise socioambiental com a diversidade de linguagens e perspectivas, desde os processos naturais até as ideias da sociedade industrial, de consumo e hiperconsumo, no contexto do Antropoceno. Isso pressupõe abordar elementos e categorias de análise como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a Agenda 2030 da ONU, Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Bem Viver, Qualidade de Vida, Sustentabilidade, Sistemas de Produção, Agroecologia, manutenção dos ecossistemas e serviços ecossistêmicos.

Questões norteadoras

Parte-se da hipótese de que a superação da crise socioambiental civilizatória exige um esforço de compreensão de seus múltiplos aspectos, para assim propor ações alinhadas à perspectiva de construção de uma sociedade sustentável. Isso implica em conhecer a dinâmica dos sistemas naturais frente às ações antrópicas, bem como seus desdobramentos no campo social, econômico e político, que partem do local, regional, ao contexto global. Dito de outro modo, as análises devem necessariamente recair tanto sobre o ambiente natural, como sobre a sociedade, que o transforma através dos sistemas produtivos.

Justificativa

A ciência já determinou de forma incontestável que várias fronteiras ecológicas globais estão sendo ultrapassadas, sinalizando para a probabilidade de transformações bruscas e incontroláveis na esfera planetária, se não houver mudanças significativas e urgentes na trajetória da nossa civilização. O atual momento histórico, marcado por profundas crises ecológicas, econômicas e sociais, exige repensá-lo à luz dos limites que se impõem no sistema terra e nos obriga a revisar urgentemente o argumento de que a engenhosidade humana, os mecanismos de mercado e o desenvolvimento tecnológico vão continuar sendo capazes de superar qualquer crise (Martine; Alves, 2015).

A segurança hídrica, alimentar, nutricional e energética e a redução das desigualdades sociais representam os grandes desafios a serem enfrentados pela humanidade nas próximas décadas, aspectos estes indissociáveis da questão ambiental. Estes desafios reportam à necessária evolução na busca de um novo patamar de conhecimentos. Um conhecimento que necessita estar interligado à diversidade e complexidade dos sistemas socioambientais.

A construção de alternativas ou respostas aos problemas que a sociedade enfrenta depende em grande parte de mudanças que operam sistematicamente, ou seja, é preciso pensar tanto nas desigualdades sociais, na pobreza, como na vulnerabilidade socioambiental, bem como as formas de organização social que determinam este quadro.

Adotar o enfoque da vulnerabilidade socioambiental significa desenvolver uma abordagem que introduz um recorte social no tratamento

dos fatores de vulnerabilidade e risco associados aos eventos climáticos e ambientais. Especialmente, quanto à capacidade de resiliência ou adaptação de populações já vulnerabilizadas que poderão por eles serem atingidas requerendo, portanto, análises interdisciplinares dos fatores que resultam na condição de pobreza, das desigualdades sociais e dos modelos de desenvolvimento iníquos e insustentáveis que contribuem ou acentuam a vulnerabilidade socioambiental de diferentes grupos populacionais.

Faz-se necessário estabelecer novas condutas no uso e ocupação dos solos, utilização dos recursos naturais em geral, água, vegetação, buscando alternativas que mitiguem as consequências danosas das mudanças climáticas bem como das práticas dos modelos de produção e desenvolvimento, principalmente no sentido de diminuir a vulnerabilidade socioambiental e os riscos ambientais em todos os sistemas produtivos.

Múltiplos saberes incidem sobre a questão socioambiental e a abertura para uma construção dialógica de uma pesquisa interdisciplinar é fundamental e permitirá importante grau de aprofundamento sobre o tema. Por essa razão, as pesquisas se realizam, em parte, no aporte fundado na compreensão de elementos presentes no mundo físico, até sua complementação com o mundo da vida, com as inter-relações homem-natureza e desta para a escala humana na perspectiva da sustentabilidade. A relevância nesta construção correlaciona a visão interdisciplinar, não necessariamente a um tema objeto central de investigação, mas fragmentos que sinalizam alguns aspectos do que hoje se evidencia como parte do cenário da crise socioambiental. Importante também, a compreensão do diálogo de saberes e da interdisciplinaridade relacionada. Desta forma, a compreensão, seus limites e possibilidades amparam-se na moderna concepção de ciência, seguindo sua metodologia e formas de abordagem.

Uma proposta multidisciplinar deve pautar sua organização do pensamento científico com a finalidade de reconhecer as interações dinâmicas entre ambiente e sociedade, objetivando exercer uma influência significativa no desenvolvimento social. Os múltiplos debates ocorridos no transcurso de construção desta proposta visaram o compartilhamento de visões convergentes sobre a abordagem dos elementos essenciais no escopo das ciências ambientais, os quais deveriam ser compartilhados pelo corpo docente, oriundo de diversas áreas do conhecimento, buscando a convergência em relação ao seu objeto último, sociedades sustentáveis, a melhoria da qualidade de vida e o bem viver.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (BRASIL, 2016), Área de Ciências Ambientais, ressalta a importância que os programas de pós-graduação, a partir de seus cursos, responderem a problemas/complexidades socioambientais, que são transversais às ciências da terra, biológicas, agrárias, saúde, sociais aplicadas, humanas e às engenharias e, preferencialmente, propor alternativas de soluções. Entretanto, ressalta que a complexidade ambiental e a interdisciplinaridade não podem ser confundidas com a contribuição de conhecimentos técnicos ou instrumentos que possibilitem práticas de pesquisas e intervenção na natureza, mas como colaboração dos diversos conhecimentos, originando algo novo, construindo um novo saber, que possibilite a busca de soluções para os problemas oriundos da relação sociedade e natureza.

Objetivo geral

Implementar investigações multitemáticas com a perspectiva de identificar aspectos da crise socioambiental, seus fundamentos históricos, teóricos e suas externalidades, seus impactos nas condições de vida, na identificação de fatores e indicadores de mudanças epistemológicas e de educação ambiental capazes de promover os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a Agenda 2030, a ética intergeracional, intercultural e o bem viver. Desta forma, propõe-se a ampliar a base de conhecimento sobre a realidade local, em busca da melhoria das condições de vida e da sustentabilidade.

Objetivos específicos

a) Investigar os elementos constitutivos da crise socioambiental e os reflexos na qualidade de vida, os riscos e impactos no meio ambiente, o desequilíbrio ecológico e a condição sistêmica, elementos fundamentais para a sustentação da vida;

b) Realizar estudos referentes aos ODS como elementos constitutivos para a elaboração de planos estratégicos e de políticas públicas para a construção de sociedades sustentáveis. Contribuir com o diálogo para que os ODS constituam os fundamentos da pesquisa e integração das áreas do conhecimento da Universidade;

c) Desenvolver estudos e pesquisas interdisciplinares em busca da melhoria da qualidade de vida, do bem viver e da sustentabilidade multicultural, socioeconômica e ambiental;

e) Compreender as contribuições que emergem no decorrer do desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras que visam a promoção de ações educativas e reflexões em relação a preservação do ambiente ao qual os sujeitos encontram-se inseridos socioculturalmente.

Fundamentação teórica

O cenário científico do século XX foi transformado em decorrência das evidências da atuação humana desagregadora e, muitas vezes, predatória do homem sobre a natureza. Nesse cenário, as questões ambientais passaram a ter maior relevância, principalmente àquelas referentes às mudanças climáticas e aos riscos decorrentes, com origens no comportamento humano e com impactos na qualidade de vida em geral, portanto, temas e conflitos socioambientais. É preciso reiterar que muitos dos problemas ambientais não conhecem fronteiras políticas, e, desta forma, são tão complexos que afetam a vida humana diretamente ou indiretamente, nos espaços urbanos ou rurais.

A Organização Meteorológica Mundial mostrou que os últimos 10 anos foram os mais quentes do Holoceno e que os anos precedentes de 2023 e 2024 tiveram as temperaturas mais altas dos últimos 125 mil anos. Além disto, os climatologistas alertam que existe um processo de aceleração do aquecimento global, potencializando as condições climáticas extremas.

O ano de 2023 foi o mais quente da história e o aumento da temperatura do planeta foi percebido de norte a sul do País na forma de ondas de calor, inundações e secas. A crise climática se manifesta através de eventos extremos cada vez mais intensos e frequentes. Há pouco tempo para deter o agravamento da crise climática e garantir uma transição rápida e justa para um modelo de desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa e resiliente às mudanças do clima (INMET, 2024).

No Rio Grande do Sul (RS) ocorreu recentemente uma tragédia ambiental sem precedentes, diretamente relacionada ao aquecimento global, com impactos severos tanto às zonas urbanas quanto às rurais dos municípios afetados. Foram 78 municípios declarados em estado de calamidade pública e 340 em situação de emergência, com milhares de

localidades e centenas de milhares de propriedades afetadas (EMATER/ASCAR - RS, 2024), com centenas de mortos e desaparecidos.

Análises meteorológicas indicam que a intensificação das tempestades severas e das inundações repentinas, que afetaram milhares de vidas e causaram danos significativos à infraestrutura regional, está associada ao aumento da variabilidade climática. A cada episódio extremo, existe a apreensão sobre quais os danos e seus impactos afetarão as comunidades, uma vez que o ambiente não tem fronteiras espaciais, temporais e de sujeitos, e as sequelas vão se somando, com agravos cada vez mais significativos.

Uma análise do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), identificou quase 2000 municípios brasileiros em situação de risco significativo devido à frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos, sendo grande parte no RS, destacando a necessidade urgente de uma transição na gestão ambiental do Brasil, partindo de uma abordagem reativa para uma proativamente voltada à gestão de riscos (MMA, 2024).

Outro ponto importante dos problemas socioambientais que afetam a qualidade de vida e sua relação com o contexto da mudança climática, especialmente nas cidades, é a ausência ou insuficiência das políticas públicas de infraestrutura, saneamento e saúde em geral. A impermeabilização dos espaços destinados a vegetação, ocasionam a redução da evapotranspiração e a concentração de calor aquece o ar próximo da superfície, aumentando sua temperatura. Esse é o chamado efeito de ilhas de calor, que faz as temperaturas do ar serem 3°C a 5°C maiores nos grandes centros urbanos quando comparadas às de suas redondezas (Mendonça, 2007).

A construção de alternativas ou respostas aos problemas que afetam as cidades, depende em grande parte de mudanças que operam sistematicamente, ou seja, é preciso pensar tanto no aquecimento decorrente do pavimento asfáltico quanto das desigualdades sociais, a pobreza, o que tem sido designado como vulnerabilidade socioambiental. Pensar essa vulnerabilidade encontra sentido com a racionalidade econômica que determina um avanço de vulnerabilidade sobre os vulneráveis.

Adotar o enfoque da vulnerabilidade socioambiental significa desenvolver uma abordagem que introduz um recorte social no tratamento dos fatores de vulnerabilidade e risco associados aos referidos eventos climáticos e ambientais. Especialmente quanto à capacidade de resiliência ou adaptação de populações já vulnerabilizadas, passíveis de serem atingidas,

notadamente em análise interdisciplinar, considerando os fatores que resultam na condição de pobreza, nas desigualdades sociais e os modelos de desenvolvimento iníquos e insustentáveis que contribuem ou acentuam a vulnerabilidade socioambiental de diferentes grupos populacionais.

Fica evidente que a complexidade inerente às questões que se vinculam à busca pela sustentabilidade da vida exige a articulação de um amplo leque de saberes tanto atinentes as ciências da natureza quanto às ciências sociais. Portanto, um olhar sobre o compromisso social das Ciências Ambientais é não somente oportuno, como necessário para lançar luz ao desafio que se impõe.

A Área de Ciências Ambientais surge pautada na perspectiva do desenvolvimento sustentável, um conceito multidimensional e interdisciplinar que exige intercâmbio no campo conceitual, metodológico e na colaboração científica entre diversas áreas de conhecimento. O objeto das Ciências Ambientais é, assim, multidisciplinar e requer a convergência de conhecimentos distintos para possibilitar uma reflexão vista por diferentes perspectivas.

Depreende-se, portanto, que não resta dúvida de que o escopo das Ciências Ambientais é de tal forma amplo que suas fronteiras invariavelmente terão limites difusos, contudo, sua centralidade reside na problemática socioambiental. Leis (2001) muito apropriadamente resgata o caráter interdisciplinar da problemática ambiental: a problemática ambiental demanda, claramente, uma ciência de origens múltiplas, que evidencia desde o primeiro momento seu caráter integrador e de síntese. [...] incorporou sucessivamente importantes elementos de um amplo espectro de disciplinas (em um primeiro momento vindos da botânica, zoologia, climatologia e geografia; e, em um segundo momento, da bioquímica, microbiologia, matemática, computação e da análise de sistemas; e, por último, da demografia, sociologia, economia, ciência política e da filosofia) (p. 146).

Leis (2001) destaca que, de modo geral, as disciplinas científicas que constituem o *mainstream* da ciência contemporânea constroem sua consistência no reducionismo, na profunda especialização. Em razão disso, suas virtudes individuais são mais metodológicas que epistemológicas. Ao contrário, o campo das Ciências Ambientais tem seu foco no conjunto das inter-relações existentes em um sistema. Esse aspecto determina que os fatores de conhecimento tenham tanto riqueza epistemológica como metodológica. Desta forma, a problemática ambiental facilitou a expansão

do trabalho interdisciplinar em um espectro que inclui desde estudos parciais, com base disciplinar na biologia, até estudos cada vez mais complexos e integrados da natureza e a sociedade, os quais convidavam as ciências sociais a um trabalho conjunto com as ciências naturais. Portanto, a interdisciplinaridade é entendida como uma proposta que busca aproximação entre as ciências da natureza e as sociais, dando flexibilidade para análise das questões relevantes na interface ambiente e sociedade.

Outro fator importante na compreensão do diálogo de saberes e da interdisciplinaridade está relacionado à ecologia e seu diálogo com e a partir da biologia. Desta forma, sua compreensão, seus limites e possibilidades amparam-se na moderna concepção de ciência, seguindo sua metodologia e formas de estudo. Outro fator importante está em sua autonomia enquanto ramo da ciência, visto que ocorrerá justamente quando a ciência moderna passa por uma crise substancial de seus paradigmas e evidencia uma crise maior ainda, a crise ambiental. Dito de outro modo, justamente as crises ambientais permitiram a evocação da ciência ecológica para auxiliar na construção de respostas a tais problemas de ordem ambiental.

As ciências modernas, fragmentadas e especializadas não puderam responder a tais demandas complexas, exigindo uma nova percepção, traduzida por um pensamento complexo. Odum lembra que o próprio homem foi afastado da natureza, que passou a ser visualizada apenas como um objeto de estudo. Nesse sentido, o grande paradoxo é que as nações industrializadas conseguiram o sucesso desvinculando temporariamente a humanidade da natureza, através da exploração de combustíveis fósseis, produzidos pela natureza e finitos, que estão sendo esgotados com rapidez (Odum, 1988).

Desses processos acelerados já evidenciados nos itens anteriores, é que se chegou a síntese da crise socioambiental enquanto manifestação da crise do pensamento ocidental e domínio e controle sobre a natureza (Leff, 2006). Frente a essa crise, a ecologia e sua estrutura em níveis de organização, a noção de sistema, de população, de comunidade, de bioma e o estado contínuo permitem afirmar as possibilidades da ecologia auxiliar na resolução dos problemas do século XXI. Mais que isso, a partir da ecologia foi possível ponderar sobre o princípio das propriedades emergentes, segundo o qual, a medida que os componentes ou subconjuntos combinam-se para produzir sistemas funcionais maiores, emergem novas propriedades que não estavam presentes no nível inferior (Odum, 1988).

Avaliando esses elementos de uma maneira sistêmica, é possível assinalar um rompimento com as fragmentações de outras ciências. Desses preceitos é possível identificar consonância com as ideias de sustentabilidade, aplicada aos recursos renováveis, principalmente os que podem se exaurir pela exploração descontrolada. Assim, apoia-se na ideia de que só é possível uma utilização de recursos permanente, se esta restringir-se apenas ao incremento de período, geralmente um ciclo anual, de modo que seja preservada a base inicial dos recursos (Barbieri, 2003).

No entanto, a relevância da biodiversidade para a sobrevivência permanece no campo do que Santos (2007) chama de dupla ignorância, ou seja, a ignorância do que ela é, porque a desconhecemos, porque ela ainda não foi amplamente estudada pela ciência ocidental e porque o saber tradicional desaparece sob os golpes da sociedade moderna antes mesmo que o seu valor seja reconhecido; e a ignorância do que a biodiversidade poderia vir a ser, ignorância irresponsável e inconsequente de quem dilapida uma riqueza do futuro sem nem ao menos antecipar seus benefícios no presente.

Portanto, é nesse sentido que se mostra relevante uma mudança paradigmática e radical, de rompimento com os valores, a forma de conhecimento e de percepções da modernidade, em favor de um olhar complexo sobre o mundo, ou seja, de um movimento de interligação dos saberes, tal qual sinalizado pelo pensamento de Edgar Morin e de Fritjof Capra. É nesse sentido que a ecologia, assinalada por Leff como uma ecologia política, pode ser instrumento importante para provocar a mudança desse cenário de risco, principalmente em virtude das características do saber ambiental seus efeitos nas crenças e comportamentos dos agentes sociais, assim como no desenvolvimento das ciências e disciplinas sociais fertilizam o terreno para fundar uma ecologia política do saber ambiental (Leff, 2006).

Por fim, é possível pensar a própria lógica da evolução da vida e do homem. A existência humana foi acompanhada desde os primórdios por algumas perguntas, dentre as quais se destaca aquelas relacionadas à própria existência. Observando essa característica, é possível evidenciar que grande parte da história foi narrada à luz de conceitos, regras e tabus que construíram o imaginário dessas populações, assim como, os elementos antagônicos a essas narrativas passaram a fazer parte de uma visão maniqueísta do mundo e, portanto, negadas e muitas vezes perseguidas. Um bom exemplo dessas considerações está relacionado aos aspectos da

existência do próprio homem, uma vez que os relatos de muitos povos descreviam a criação do ser humano como um produto pronto por alguma divindade.

O cidadão globalizado, moderno, não acolhe respostas parciais. Não se contenta com os prazeres consumistas. Como afirma Lipovetski (2011), requer soluções de caráter global e diverso, multicultural e político. A demonstração de que a crise não é apenas ambiental, mas política, econômica, social, ou socioambiental, com impactos ambientais, culturais orienta Lipovetski a caracterizar esse contexto como o capitalismo cultural. Por seu turno Taibo tratará a crise atual como uma crise irreversível, um colapso dos sistemas produtivos que ameaçam o presente e o futuro da humanidade (Taibo, 2019). Coloca na base da crise ambiental o uso desorientado das energias fósseis e a incapacidade do ser humano de administrar as riquezas naturais. Este autor aborda a perspectiva de mudança no paradigma do desenvolvimento atual, pelo qual, o desenvolvimento do tempo presente apoia-se no êxito do contexto atual, ainda que ao custo de sacrificar o futuro, característica marcante da civilização moderna.

Latouche (2006) tem sido portador do alerta de que a sociedade necessita emancipar-se da ideia de crescimento e adotar uma teoria de decrescimento, que equivale a saída do pensamento dominante para uma ideia de sustentabilidade como reinvenção do desenvolvimento. E por derradeiro, resgatar postulados de Veiga (2013) sobre a necessidade de criar uma governança global para o desenvolvimento, com condição *sine qua non* para tornar possível a sustentabilidade e para a implementação das agendas comuns, especialmente a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Em sentido que faz sintonia às falas dos mesmos autores, investigam-se as ideias trazidas por Acosta (2016), como oportunidades ou caminhos para pensar outros mundos, na educação ambiental, na ética intergeracional, na perspectiva da sustentabilidade.

Outro aspecto que merece atenção é o fato de que a problemática ambiental frequentemente faz alusão aos aspectos técnicos do problema, tais como poluição, depleção dos recursos naturais, mudanças climáticas e, no campo social, o excesso de população, agravado pela forma como a questão ambiental é apresentada, como sendo a vida ou morte da humanidade. Entretanto, quando se emprega a expressão humanidade, fatalmente se elimina um aspecto central da questão, que é a forma como cada segmento da sociedade se relaciona com o ambiente, ou seja, a humanidade não

constitui um todo homogêneo que será afetado de forma equitativa pelos desdobramentos da crise ambiental. Trata-se de uma visão equivocada, uma vez que a sociedade nunca se defronta em seu conjunto com limites físicos. Pelo contrário, a sociedade humana, antes de se deparar com limites naturais ou físicos, está frente a frente com contradições sociais (Foladori, 2001).

Como assevera Nascimento (2012), essa forma radical, distante e abstrata de abordar a problemática ambiental conduz para que a assimetria de poderes, se torne secundária. Ora, o problema advindo da crise ambiental não é de que o planeta e, ou a vida estejam ameaçados de extinção em curto ou médio prazo. Podemos afirmar taxativamente que não somos capazes de destruir o planeta ou a vida nele existente. O que está em jogo é, em primeiro lugar, se as próximas gerações terão condições de viver com uma qualidade de vida pelo menos próxima à que almejamos para todos atualmente, e que muitos já a têm.

Nesse sentido Klein (2018), em referência ao principal problema planetário, taxativamente afirma: o capitalismo, e não a natureza humana, foi o que acabou com nosso impulso para enfrentar a mudança climática. Neste contexto, o imperativo do crescimento é o principal responsável pela crise. Consumo crescente de mercadorias que utilizam cada vez mais recursos naturais finitos e geram degradação ambiental, num planeta finito e sujeito ao processo entrópico é insustentável. Além disso, não se pode ignorar o poder de manipulação das companhias de combustíveis fósseis e o contexto neoliberal da economia de mercado impondo seus valores e sua lógica, em que o padrão de consumo de bens desponta como um símbolo de bem-estar e modernidade.

Martine e Alves (2015) muito apropriadamente postulam que, a cultura do consumo pode ser considerada a maior força humana destas décadas, superando religiões, crenças, ideologias, etnias ou partidos políticos. Esta motivação do consumo, ao funcionar eficazmente em nível individual, tem uma forte capacidade de mobilização em âmbito agregado. (...) Fomentar o consumo passou a constituir a essência do paradigma de desenvolvimento.

Contudo, culpar simplesmente o capitalismo não é suficiente. Nós, humanos somos capazes de nos organizar em ordens sociais distintas, incluídas as sociedades com horizontes de tempo muito mais longos e com muito mais respeito aos sistemas de apoio à vida natural. De fato, os humanos viveram dessa maneira durante a grande maioria de nossa

história e muitas culturas indígenas mantêm vivas até hoje as cosmologias centradas na terra. O capitalismo é um breve incidente na história coletiva de nossa espécie.

A exemplo, ganham destaque novas construções híbridas entre conceitos milenares da cosmovisão dos povos originários, como o *buen vivir*, e conceitos centenários, ocidentais e modernos, como a ética ou a moral. Não se pode dissociar este modo de vida de conceitos como descolonização (do poder e do saber) e desmercantilização da vida (Arkonada, 2010). A expressão *buen vivir*, própria dos povos indígenas da Bolívia, significa, em primeiro lugar, viver bem entre nós. Trata-se de uma convivência comunitária intercultural e sem assimetrias de poder. É um modo de viver sendo e sentindo-se parte da comunidade, com sua proteção e em harmonia com a natureza, diferenciando-se do viver melhor ocidental, que é individualista e que se faz geralmente às expensas dos outros e, além disso, em contraponto à natureza (Lesbaupin, 2010).

Nessa perspectiva, o conceito de problemática ambiental, como retrato de um amplo espectro que vai desde problemas locais até a escala global, emerge indubitavelmente como uma problemática socioambiental, resultado da forma como a sociedade relaciona-se com a natureza (Fernandes; Sampaio, 2008). Ela surge como uma problemática de caráter eminentemente social, atravessada por um conjunto de processos de natureza econômica, tecnológica, social, institucional e cultural, em diferentes escalas espaciais e temporais.

De acordo com Leff (2001), sendo a questão ambiental uma problemática social de desenvolvimento, propõe a necessidade de normatizar um conjunto de processos de produção e de consumo que degradam o ambiente e a qualidade de vida. Por exemplo, quando se fala de sustentabilidade, existe uma preocupação sobretudo com a conservação de recursos naturais como solo, água e florestas. A perspectiva mais voltada para a diminuição das desigualdades sociais (a miséria, a fome, a descriminação e a violência, por exemplo) é ainda pouco debatida (Pinheiro; Pearson; Chamala, 1997).

Em adição, argumenta o autor que produtividade, estabilidade, equidade e sustentabilidade são propriedades mutuamente inconsistentes, requerendo invariavelmente trocas e escolhas entre elas. Por exemplo, a sustentabilidade de uns pode ameaçar a estabilidade ou até significar a exclusão de outros. A alta produtividade pode ocorrer em detrimento

da sustentabilidade, ao passo que uma elevada equidade pode reduzir a produtividade (Soemarwoto; Conway, 1992).

Leff (2001) reafirma que os problemas socioambientais só existem em decorrência das formas de apropriações do mundo e da natureza a partir das relações sociais e de poder, que se materializam por meio da economia, da política, da ciência e da religião. Ao se adotar uma perspectiva estritamente ecológica da crise e dos problemas ambientais se perde de vista as dimensões sociais, políticas e culturais indissociáveis de sua gênese e dinâmica; porque não incorporam as posições de classe e as diferentes responsabilidades dos atores sociais enredados na crise; porque reduzem a complexidade do fenômeno ambiental a uma questão de inovação tecnológica e porque creem que os princípios do mercado são capazes de promover a transição social no sentido da sustentabilidade (Jacobi, 2011).

Nesse sentido, é justamente no afastamento da sociedade da natureza em que reside a origem primeira da crise ambiental. De acordo com Leff (2006), trata-se de uma crise civilizatória da cultura ocidental, da racionalidade da modernidade e da economia do mundo globalizado. É, sobretudo, a crise desse pensamento que se impôs ao mundo negando o outro, a começar pela negação desse outro absoluto a natureza, o ambiente. Esse distanciamento se cristaliza numa inércia frente a urgência demandada pelas questões socioambientais. O desafio das ciências ambientais está em integrar a complexidade embutida na dinâmica dos sistemas socioambientais e de sua articulação com a biosfera, com vistas a efetivamente contribuir para a construção de uma sociedade sustentável.

Desta forma, a abordagem dos elementos essenciais no escopo das ciências ambientais é fundamental tendo em vista a relevância de seu papel no desenvolvimento sustentável, na melhoria da qualidade de vida e no bem viver. Assim, entendemos que o compromisso social das ciências ambientais sinaliza de forma equitativa os dois pilares essenciais em sua abordagem, o ambiente e a sociedade.

A educação socioambiental deve ser, acima de tudo, um ato político voltado para a transformação social, capaz de transformar valores e atitudes, construir novos hábitos e conhecimentos, defender uma nova ética, que sensibiliza e conscientiza na formação da relação integrada do ser humano, da sociedade e da natureza, aspirando ao equilíbrio local e global, como forma de melhorar a qualidade de todos os níveis de vida.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Os estudos e pesquisas serão realizados seguindo metodologias próprias à sua temática, podendo incluir Estudos de Caso, Diagnósticos, Comparações, Pesquisas Bibliográficas e Documentais, Pesquisas Empíricas e Experimentais, Pesquisas com Seres Humanos, entre outras.

Inovações e contribuições científicas

O desenvolvimento do presente projeto irá incorporar uma nova concepção de pesquisa que procura fomentar a realização de pesquisas que promovam inovações em torno da sustentabilidade ambiental, econômica, social e cultural, cujos resultados trarão importantes contribuições para o desenvolvimento sustentável. Espera-se, com isso, contribuir com a busca da sustentabilidade do planeta para as gerações presente e futuras.

Referências

ACOSTA, A. **O Bem Viver**: uma oportunidade para imaginar outros mundos. Tradução de Tadeu Breda. São Paulo: Autonomia Literária/ Elefante, 2016.

ARKONADA, K. **Descolonização e Viver Bem são conceitos que estão intrinsecamente ligados**. IHU on-line, São Leopoldo: Unisinos; Ed. 340, ano X, p. 10-13, 23 ago. 2010. Disponível em: <http://www.ihuonline.unisinos.br/artigo/3439-katu-arkonada-1>.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**: As estratégias de mudanças da Agenda 21. Petrópolis: Vozes, 2003.

Brasil, Ministério da Educação. **Documento de área 2016**: Ciências Ambientais. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Disponível em: https://capes.gov.br/images/documents/Documentos_de_area_2017/49_CAMB_docarea_2016_publ2.pdf.

EMATER/ASCAR RS. Impactos das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul em maio de 2024. **Boletim Evento Adverso**. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2024. 54p. <https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf>

FERNANDES, V.; SAMPAIO, C.A.C. Problemática ambiental ou problemática socioambiental? **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 18, p. 87-94, 2008.

FLORIANI, D.; KNETCHEL, M. do R. **Educação Ambiental:** epistemologia e metodologias. Curitiba: Vicentina, 2003.

FLORIANI, D.; VERGARA, N. Hacia un pensamiento socioambiental: aproximaciones epistemológicas y sociológicas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, p. 11-27, dez. 2015.

FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável**. Campinas: Unicamp. p. 17-18, 2001.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **Ano de 2023 é o mais quente da série histórica no Brasil**. Brasília, INMET, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil#:~:text=Segundo%20levantamento%20do%20Instituto%20Nacional,1961%2C%20com%201%2C6%C2%BA%C2%ACima>. Acesso em: 08/09/2025.

JACOBI, P. R. **Sustentabilidade, participação, aprendizagem social**. In: Aprendizagem social: diálogos e ferramentas participativas: aprender juntos para cuidar da agua [S.l: s.n.]. 2011.

KLEIN, N. **El capitalismo, no ? la naturaleza humana?**, fue lo que acabó con nuestro impulso para enfrentar el cambio climatico 2019. Disponivel em: <http://www.rebelion.org/noticia.php?id=245192>

LATOUCHE, S. **Pequeño tratado del decrecimiento sereno**. Barcelona: Icaria, 2009.

LEFF, E. **Saber ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2001.

LEFF, E. **Racionalidade Ambiental**: a reapropriação social da natureza. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LEIS, H.R. Para uma reestruturação interdisciplinar das ciências sociais: a complexa tarefa de enfrentar os desafios da problemática ambiental sem cair no senso comum da sociedade civil. **Ambient. Soc.** n. 8, Campinas, SP. 2001.

LESBAUPIN, I. **Por uma nova concepção de desenvolvimento**. 1º nov. 2010. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/por-uma-nova-concepcao-de-desenvolvimento/>.

LIPOVETSKY, G. **A cultura-mundo**: respostas à uma sociedade desorientada. Tradução de Maria Lúcia Machado. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

MARTINE, G.; ALVES, J.E.D. Economia, sociedade e meio ambiente

no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? **R. bras. Est. Pop.** p. 1-28. 2015.

MENDONÇA, F. A. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: Alguns indicadores da região Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p. 71-86, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 5^a Conferência Nacional do Meio Ambiente: emergência climática, o desafio da transformação ecológica. **Documento Base**. Brasília, MMA/UnB, 2024. 23p. <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/gm/5a-CNMA/documento-base.pdf>

NASCIMENTO, E. P. 2012. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51-64.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Guanabara Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. p.55-107

PINHEIRO, S. L. G.; PEARSON, C. J.; CHAMALA, S. Enfoque Sistêmico, participação e Sustentabilidade na Agricultura. I: Novos Paradigmas para o Desenvolvimento Rural? **Revista Agropecuária Catarinense**, vol. 10 (1):18-22, 1997.

SANTOS, B. de S. **Para um novo senso comum**: a ciência, o direito e a política na transição paradigmática. V. I: Crítica da razão indolente: contra o desperdício da experiência. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SOEMARWOTO, O.; CONWAY, G. R. The Javanese homegarden. **Journal for Farming Systems Research-Extension** 2 (3): 95-118, 1992.

TAIBO, C. **En defensa del decrecimiento**. Madrid: Los libros de la Catarata, 2017.

VEIGA, J. E. da. **A desgovernança mundial da sustentabilidade**. São Paulo: Editora 34, 2013.

Capítulo 2

CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA E ALIMENTOS POR AGROTÓXICOS¹

**ROBERTO CARBONERA²; DANIEL REGES ROSSETTO³; RODRIGO LUIS
WUNDER⁴; NATÁLIA DIAS DE OLIVEIRA⁵**

¹Pesquisa desenvolvida no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS), Curso de Agronomia e do Programa de Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), UNIJUÍ, Ijuí, RS.

² Professor, Dr., Professor de Agronomia e do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br

³ Engenheiro Ambiental, Mestre em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: danielrossetto2@gmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: rodrigo.wunder@sou.unijui.edu.br

⁵ Engenheira Agrônoma, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, Doutoranda em Desenvolvimento Regional, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: nataliadias.agro@gmail.com

Introdução

A agricultura da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul destaca-se na produção de grãos e na produção leiteira (EMATER/RS, 2023). Sua produção se baseia no processo de modernização, com o uso intensivo de fertilizantes sintéticos, sementes melhoradas e agrotóxicos. Está entre as regiões de maior uso de agrotóxicos no País (Bombardi, 2016). Jobim et al. (2010) evidenciaram níveis mais elevados de mortalidade por câncer na região, quando comparada com outras regiões do Estado e do País.

Nesse contexto, a Organização Mundial de Saúde (OMS), atenta aos elevados índices de contaminação ocorrida pela utilização de agrotóxicos, afirma tratar-se de um grande problema de saúde pública. O Brasil ocupa o primeiro lugar no consumo mundial de agrotóxicos destinado à utilização na agricultura. No ano de 2015, o país ultrapassou a marca de um milhão

de toneladas. Desta forma, pode-se afirmar o uso no país equivalente a uma média de 5,2 kg de agrotóxicos por habitante (Hupffer; Pol, 2017).

Em complemento a esses dados, pesquisas realizadas por Matos et al. (2019), em sementes de aveia branca, constataram a presença de resíduos de agrotóxicos em 16 amostras, de 24 amostras analisadas. Scheer (2021), também, identificou a presença de moléculas remanescentes de fungicidas em amostras de aveia. A dessecção pré-colheita em aveia foi introduzida como uma prática para uniformizar a maturação da cultura, facilitar a colheita e reduzir o teor de umidade dos grãos, inicialmente, sem nenhuma recomendação da pesquisa.

Contudo, esta prática está relacionada à presença de resíduos nos grãos e pode ter consequências graves para a saúde humana, ao meio ambiente e à biodiversidade e foi denominada de uma prática temerária por Carbonera (2011). A partir da constatação desta prática, Guarienti (2014) realizou pesquisas e apresentou dados de contaminação com resíduos de herbicidas em grãos de trigo. Destacou, ainda, que à época não existiam estudos aprofundados, nem produtos com registro para esta finalidade.

Da mesma forma, os trabalhos realizados por Battisti (2021) evidenciaram que os resíduos de agrotóxico contaminam, também, as águas de poços artesianos. Este é um dado impactante, uma vez que estas águas são utilizadas para o consumo humano e, se usadas em irrigação de cultivos, podem contaminar os alimentos. Estes dados foram reforçados em trabalhos realizados em águas superficiais e subterrâneas por Carbonera; Cenci; Oliveira (2023), em que foram detectados resíduos de agrotóxicos em dez amostras de águas analisadas.

Diante desse cenário, existe a necessidade de expandir a pesquisa e os estudos diante dos resultados já publicados referentes aos danos causados pelos agrotóxicos, pelas mais diversas formas em que a população se encontra exposta nos dias atuais. A busca deve ser contínua pelo desenvolvimento de práticas sustentáveis e minimizar os efeitos adversos dos agrotóxicos sobre a saúde humana e o ambiente.

Qualidade da água e os impactos da presença de agrotóxicos no consumo humano e animal

A disponibilidade da água potável está ficando cada vez mais escassa devido às inúmeras fontes de contaminação que modificam suas propriedades. De acordo com Agência Nacional de Águas e Saneamento

Básico (ANA, 2024), haverá uma redução de 40% na vazão das bacias hidrográficas brasileiras, devido aos impactos diretos das ações antrópicas como a queima de combustíveis fósseis, urbanização desordenada e, sobretudo, agricultura intensa (Ayoub, et al., 2024).

Nesse cenário, nas últimas décadas, o avanço da agricultura adotou o uso generalizado de agrotóxicos. São utilizados para controlar pragas, doenças e plantas invasoras. No entanto, apesar de sua eficácia na produção agrícola, o uso indiscriminado e, muitas vezes, descontrolado dessas substâncias tem provocado sérios impactos ambientais (Lopes; Albuquerque, 2018).

Entre esses impactos, a contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos é uma das maiores preocupações ambientais e de saúde. As águas superficiais e subterrâneas funcionam como receptores finais de agrotóxicos. A presença dessas substâncias na água compromete sua qualidade para abastecimento humano, uso doméstico, produção orgânica, industrial e para a manutenção da biodiversidade aquática (Carbonera; Cenci; Oliveira, 2023).

De modo geral, a contaminação da água por agrotóxicos ocorre principalmente por processos de lixiviação, escoamento superficial e deriva de pulverização. Após a aplicação nas lavouras, os agrotóxicos podem atingir o solo e, dependendo de suas características físico-químicas e das condições ambientais, podem atingir os lençóis freáticos ou serem transportados pela chuva até rios, lagos e reservatórios (Gomes; Cerdeira; Spadotto, 2021).

Nessa perspectiva, a dispersão de cada substância química depende de suas características físico-químicas, tais como: solubilidade em água; pressão de vapor; pH; coeficiente de adsorção à matéria orgânica; tempo de meia-vida no solo e às características do local de aplicação (Silva, et al., 2023).

Além disso, o escoamento superficial é intensificado em áreas com declividade acentuada, pouca cobertura vegetal e solo compactado, resultando em carreamento de resíduos para corpos d'água. A lixiviação, por sua vez, depende da solubilidade do produto e da permeabilidade do solo, sendo comum em regiões com solos porosos e locais mais planos com alto índice de acúmulo de água. Já a deriva de pulverização ocorre quando gotículas de agrotóxicos aplicadas por pulverizadores são transportadas pelo vento para fora da área-alvo, atingindo locais distantes da área desejada.

Como consequência, esses processos tornam a contaminação difusa, dificultando sua detecção e controle. Além disso, a persistência

de certos princípios ativos no ambiente, como o glifosato, o 2,4-D e a atrazina, aumenta a probabilidade de exposição prolongada de organismos aquáticos e humanos a essas substâncias.

Na prática, a presença de agrotóxicos na água compromete diversos parâmetros de qualidade, como pH, turbidez, oxigênio dissolvido e presença de compostos orgânicos e metais pesados. Embora nem sempre alterem as características físico-químicas perceptíveis da água, muitos agrotóxicos são altamente tóxicos mesmo em baixas concentrações, podendo causar efeitos crônicos em organismos aquáticos e bioacumulação na cadeia alimentar.

Nos ecossistemas aquáticos, em especial, os impactos são profundos. A contaminação pode levar à morte de peixes, à redução da biodiversidade, à alteração da composição das comunidades fitoplanctônicas e zooplancônicas, e à interrupção de ciclos ecológicos. Espécies mais sensíveis, como anfíbios e invertebrados aquáticos, servem como bioindicadores e são frequentemente os primeiros a sofrer os efeitos da toxicidade ambiental.

Adicionalmente, alguns agrotóxicos funcionam como disruptores endócrinos, interferindo nos sistemas hormonais de organismos aquáticos, o que pode afetar processos de reprodução, crescimento e comportamento.

Do ponto de vista humano, a ingestão de água contaminada por resíduos de agrotóxicos representa um risco significativo à saúde. Os efeitos variam conforme o tipo de composto, tempo de exposição e sensibilidade individual, podendo incluir desde sintomas agudos como náuseas, vômitos, dores de cabeça e alergias até doenças crônicas, como câncer, distúrbios neurológicos, infertilidade, malformações congênitas e problemas endócrinos.

As estatísticas reforçam essa preocupação, pois cerca de 385 milhões de pessoas adoecem anualmente por envenenamento por agrotóxicos, número que pode ser subestimado, dada a subnotificação de casos (Tygel et al., 2023). Estudos epidemiológicos têm revelado correlações preocupantes entre o consumo de água contaminada e o aumento de doenças crônicas em populações rurais expostas.

O problema se agrava pela ausência de uma regulamentação rigorosa. No Brasil, o padrão de potabilidade da água permite a presença de um número significativamente maior de agrotóxicos do que os permitidos em países da União Europeia. Além disso, o monitoramento é esporádico e muitas vezes restrito a poucos compostos, ignorando a possibilidade de efeitos sinérgicos entre diferentes substâncias.

Paralelamente, além dos graves danos à saúde, o uso de agrotóxicos gera impactos econômicos expressivos para o sistema público. Estima-se que, para cada dólar gasto na compra desses produtos, o Sistema Único de Saúde (SUS) desembolse até US\$1,28 no tratamento de intoxicações e outras complicações relacionadas à exposição. Essa relação evidencia como os custos indiretos superam os gastos iniciais com os agrotóxicos, sobrecarregando os cofres públicos (Tygel et al., 2023).

Frente a esse cenário, reduzir a contaminação da água por agrotóxicos requer uma transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis e integrados. A agroecologia surge como alternativa promissora, ao priorizar práticas que evitam o uso de insumos químicos sintéticos e valorizam o manejo ecológico dos agroecossistemas.

Nesse sentido, outras práticas que contribuem para mitigar os impactos incluem a criação de zonas de amortecimento com mata ciliar preservada, que funcionam como filtros naturais de poluentes; o manejo racional de agrotóxicos, com uso de tecnologias de aplicação mais eficientes e seguras; a educação ambiental voltada para produtores rurais, enfatizando boas práticas agrícolas e o respeito às legislações ambientais; e a implantação de sistemas de tratamento de água nas propriedades rurais e urbanas, especialmente em áreas com captação direta de fontes superficiais.

Para avançar nesse processo, políticas públicas mais rígidas, com restrição ao uso de substâncias altamente tóxicas e incentivo à produção orgânica, são essenciais para uma gestão eficiente dos recursos hídricos e proteção da saúde da população.

Experiências práticas demonstram que isso é possível. Iniciativas como o Atlas dos Agrotóxicos mostram que é viável aumentar a produtividade com técnicas como rotação de culturas, controle biológico de pragas e adubação verde, além de reduzir os custos com insumos químicos na produção (Tygel et al., 2023).

Em síntese, a contaminação da água por agrotóxicos representa uma das faces mais silenciosas e perigosas da modernização agrícola. Seus impactos ultrapassam fronteiras ambientais, atingindo diretamente a saúde humana e comprometendo o direito fundamental ao acesso à água potável de qualidade.

Portanto, superar esse desafio exige um esforço conjunto entre poder público, comunidade científica, setor produtivo e sociedade civil. O fortalecimento da legislação, o aprimoramento dos sistemas de monitoramento e a promoção de modelos agrícolas sustentáveis

são caminhos urgentes para garantir um futuro mais justo, saudável e equilibrado. Afinal, a água é um recurso vital, e sua preservação é condição indispensável para a vida. Cuidar dela significa também repensar nossos modos de produção e consumo, buscando um novo pacto com a natureza: mais ético, consciente e resiliente.

Resíduos de agrotóxicos em cereais: riscos à saúde e implicações para a segurança alimentar

Além dos efeitos sobre a água, a presença de agrotóxicos reverbera diretamente na cadeia alimentar, com destaque para os cereais. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de alimentos. Entre as diversas áreas econômicas do país, o setor agrícola tem sido um dos principais impulsionadores do crescimento econômico brasileiro (Magalhães et al., 2019). O agronegócio desempenha papel fundamental na economia, o qual é responsável pelo abastecimento interno nacional e participa em parcela significativa nas exportações (Wilkinson, 2020).

Nesse contexto, os cereais, como trigo, milho, arroz, cevada e aveia, são alimentos fundamentais na dieta mundial. Entretanto, em seu cultivo atual, predomina o uso intensivo de agrotóxicos, o que aumenta a preocupação com resíduos em alimentos e os potenciais riscos à saúde humana. Desta forma, torna-se necessário a adequação de novos manejos que garantam a produção das culturas aliadas à qualidade nutricional e à segurança alimentar (Catarino; Gaba; Bretagnolle, 2019; Shapiro, 2019).

Entre esses cereais, a aveia branca (*Avena sativa* L.) tem destaque no cenário brasileiro. O país é um dos principais produtores da América Latina, com maior expressão nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. Segundo dados da CONAB (2023), a área cultivada com aveia branca no Brasil tem se mantido estável nos últimos anos, com produtividade média entre 2,2 e 2,8 t/ha.

Trata-se de um cereal de elevada importância nutricional e funcional, amplamente utilizado na alimentação humana sob diversas formas, como flocos, farelo, farinha e bebidas vegetais. Rica em fibras solúveis (principalmente betaglucanas), proteínas, lipídios insaturados e compostos antioxidantes, a aveia consolidou-se como alimento funcional, sendo associada à prevenção de doenças cardiovasculares, controle glicêmico e regulação do trânsito intestinal (Guimarães, et al., 2021).

Nos últimos anos, a crescente demanda por alimentos impulsionou a expansão do cultivo de diversos cereais, entre eles a aveia branca, que vem ganhando destaque na alimentação humana. Esse aumento no consumo tem incentivado a intensificação da produção, levando muitos produtores a adotarem manejos fitossanitários mais agressivos, com o uso elevado de agrotóxicos. No entanto, essa prática tem resultado no uso indiscriminado de ingredientes ativos, o que tem contribuído para casos de intoxicação e envenenamento, além de estar associado ao surgimento de diversas doenças e impactos ambientais significativos (Santos, 2019; INCA, 2022; Silva et al., 2022).

Como resposta a esse cenário, foi criada a Ingestão Diária Aceitável (IDA), que se refere à quantidade estimada de uma substância química presente nos alimentos que pode ser ingerida diariamente, ao longo da vida, à luz do conhecimento atual, sem representar risco significativo à saúde humana. Esse parâmetro é estabelecido com base em estudos toxicológicos e é expresso em miligramas da substância por quilograma de peso corporal (mg/kg p.c.) (Ministério da Saúde, 2019).

Ainda assim, a exposição aos agrotóxicos está associada a diversos agravos à saúde, cujos efeitos variam conforme o tipo de substância, o tempo de exposição e a quantidade absorvida pelo organismo (INCA, 2022). A Organização Internacional do Trabalho (OIT) estima que o agronegócio seja responsável por cerca de 70 mil casos anuais de intoxicações agudas e crônicas (INCA, 2022).

Nesse sentido, as intoxicações ocorrem quando as pessoas são expostas a uma ou mais substâncias tóxicas, sendo classificadas conforme o tempo e a intensidade da exposição. A intoxicação aguda resulta de um ou vários contatos com agrotóxicos dentro de um período de 24 horas. Dependendo do ingrediente ativo, os sintomas podem se manifestar imediatamente, após alguns dias ou então duas semanas, com quadros clínicos leves, moderados ou graves. Já as intoxicações subagudas apresentam efeitos mais vagos e subjetivos, que podem surgir horas ou dias após a exposição. Por sua vez, as intoxicações crônicas caracterizam-se por sintomas tardios, surgindo após meses ou anos de exposição contínua, frequentemente com danos irreversíveis (Cequiel; Rodrigo, 2018).

Embora rústica e adaptada a diferentes condições ambientais, a aveia branca também demanda uso de defensivos. Doenças como a ferrugem da folha (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*), o crestamento bacteriano (*Xanthomonas translucens*) e manchas foliares têm motivado

o uso de fungicidas, como triazóis e estrobilurinas. Além disso, herbicidas à base de glifosato e 2,4-D são frequentemente utilizados no manejo de plantas invasoras, especialmente em áreas de pré-semeadura (Machado et al., 2021).

Contudo, a aplicação de agrotóxicos na aveia, mesmo em menor escala quando comparada a outras culturas, pode resultar em resíduos no grão e seus derivados. Estudos recentes têm demonstrado a presença de resíduos de glifosato e seus metabólitos em amostras de aveia branca comercializadas no Brasil (Oliveira et al., 2020).

Pesquisas posteriores reforçam esse quadro. Scheer (2021) confirmou resultados semelhantes ao analisar a aplicação de fungicidas em cultivares de aveia branca, identificando a presença dos ingredientes ativos tebuconazol, trifloxistrobina e azoxistrobina. Nas parcelas que receberam cinco aplicações, os níveis residuais desses compostos ultrapassaram os limites máximos de resíduos (LMRs) estabelecidos pela Anvisa. Esses achados reforçam a necessidade de observância rigorosa ao intervalo de segurança (período de carência) e ao número máximo de aplicações permitido, a fim de evitar a contaminação do alimento destinado ao consumo humano.

Da mesma forma, em trabalho com grãos de aveia branca, Santos et. al. (2022) encontraram resíduos na maioria das amostras em que foi aplicado tebuconazol e, quando aplicado próximo à colheita, gerou resíduos acima do limite máximo permitido. Foram constatados, também, resíduos de 2,4-D nos grãos, mesmo tendo sido aplicado na fase de perfilhamento.

Mais recentemente, em estudo realizado por Oliveira (2024), foram analisadas 22 amostras de grãos de aveia branca. Identificaram-se resíduos de agrotóxicos acima dos LMRs estabelecidos pela ANVISA em cinco amostras, sendo que todas ultrapassaram os limites da União Europeia. Os ingredientes ativos que excederam os limites permitidos foram lambda-cicalotrina, ditiocarbamatos, glifosato e glufosinato, evidenciando a necessidade de um controle mais rigoroso no uso desses agrotóxicos durante o cultivo.

Cabe destacar que, a utilização de herbicidas como glifosato e glufosinato na cultura da aveia e do trigo ocorre em momentos específicos do ciclo produtivo, abrangendo as fases de pré e pós-emergência. A aplicação desses ingredientes ativos está condicionada às estratégias de manejo adotadas, destacando-se que, em determinadas modalidades de uso, não é estabelecido um intervalo de segurança entre as aplicações. No

entanto, o glufosinato pode ser empregado na operação de dessecação da cultura pré-colheita, sendo exigido, nesse caso, um intervalo de segurança mínimo de sete dias entre a aplicação e a colheita (Cunha; Caeirão, 2023).

Esse tipo de prática eleva os riscos. A aplicação de herbicidas sistêmicos aumenta significativamente a contaminação dos grãos, uma vez que esses compostos são translocados por toda a planta. Durante o estádio de enchimento dos grãos, o ingrediente ativo pode ser direcionado e acumulado nessas estruturas reprodutivas. O glifosato, quando utilizado nesse período, representa um risco ainda mais elevado, pois sua molécula é metabolizada em compostos secundários potencialmente mais tóxicos do que o próprio princípio ativo. Por outro lado, os herbicidas de contato, como o diquate e o glufosinato de amônio, apresentam riscos distintos, especialmente relacionados ao não cumprimento do período de carência e à possibilidade de contaminação dos grãos no momento da aplicação, que pode gerar resíduos (Cunha; Caeirão, 2023).

Diante desse cenário, a necessidade de garantir alimentos seguros à saúde humana, aliada à adoção de práticas que preservem os recursos naturais, tem elevado o destaque da agricultura sustentável nos sistemas produtivos. Atento a essa demanda, o Brasil instituiu o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), por meio do Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, disponibilizado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). O programa tem como objetivo promover o uso de insumos biológicos, originados de microrganismos, vegetais ou animais, como alternativa aos insumos químicos convencionais, contribuindo para uma produção agrícola mais sustentável e alinhada às exigências dos mercados nacional e internacional (Brasil, 2020).

Além disso, o controle e o manejo integrado de pragas por meio da utilização de produtos biológicos têm apresentado crescimento expressivo na agricultura brasileira nos últimos anos (Bettoli; Medeiros, 2023). A adoção desses insumos naturais oferece diversas vantagens em comparação aos agrotóxicos químicos sintéticos, destacando-se por serem ambientalmente sustentáveis, com alta especificidade e menor toxicidade a organismos não-alvo. Tais características conferem aos produtos biológicos um elevado potencial para substituir, de forma eficaz, os agrotóxicos convencionais no controle fitossanitário das culturas (Saberí et al., 2020).

Paralelamente, a produção orgânica tem se destacado no cenário agrícola brasileiro como uma alternativa sustentável e alinhada às demandas por alimentos mais saudáveis e menos impactantes ao meio

ambiente. Segundo Silva et al. (2022), a agricultura orgânica no Brasil vem apresentando crescimento expressivo, impulsionada tanto pelo aumento do consumo consciente quanto pelo fortalecimento de políticas públicas voltadas ao incentivo dessa prática. A ausência de agrotóxicos e fertilizantes químicos sintéticos, aliada ao manejo integrado do solo e à rotação de culturas, contribui para a conservação dos recursos naturais e para a melhoria da qualidade do solo, favorecendo a biodiversidade e reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (Pereira; Costa, 2021).

Em síntese, o uso indiscriminado de produtos químicos nas áreas de produção agrícola tem provocado uma série de impactos negativos, tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública. Essa realidade evidencia a necessidade de revisão dos manejos agrícolas atualmente empregados, sobretudo no que se refere à aplicação de agrotóxicos químicos. Nesse contexto, torna-se fundamental a adoção de alternativas mais seguras e sustentáveis, como o uso de produtos biológicos, agricultura orgânica e agroecológica, que se destacam por apresentarem menor risco ambiental e não comprometerem a saúde humana.

Regulação dos resíduos de agrotóxicos em alimentos e água: uma análise comparativa entre brasil e união europeia

A regulação dos Limites Máximos de Resíduos (LMRs) de agrotóxicos constitui um dos principais instrumentos adotados por países e blocos econômicos para garantir a segurança alimentar e proteger a saúde pública. Esses limites correspondem à quantidade máxima de resíduos de agrotóxicos permitida em alimentos de origem vegetal e animal, considerada segura para o consumo humano (MAPA, 2023).

No Brasil, a definição dos valores de LMR é responsabilidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que regula os agrotóxicos em conformidade com normas nacionais e internacionais. Os parâmetros são estabelecidos com base em estudos toxicológicos, considerando a Ingestão Diária Aceitável (IDA) e a Dose de Referência Aguda (ARfD), além de ensaios de resíduos em campo e testes de toxicidade aguda, subcrônica e crônica, genotoxicidade e neurotoxicidade (Anvisa, 2020a). Já na União Europeia, a definição dos LMRs é regulamentada pelo Regulamento (CE) nº 396/2005 e conduzida pela Autoridade Europeia de Segurança dos Alimentos (EFSA). Testes adicionais, como os de toxicidade reprodutiva, embriotoxicidade e teratogenicidade, reforçam a avaliação

em períodos críticos do desenvolvimento humano (*European Commission, 2005; EFSA, 2023*).

A constatação da presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos e água, mesmo quando aplicados conforme as recomendações técnicas, intensificou pressões sociais e científicas por regulamentações mais rígidas, sobretudo na União Europeia, que passou a reduzir valores de LMRs e a proibir moléculas consideradas de alto risco (Martins, 2021). Nesse sentido, Oliveira, Carbonera e Rossetto (2024) evidenciaram que 46% dos ingredientes ativos autorizados para uso na cultura da aveia branca no Brasil são proibidos na União Europeia, o que demonstra a postura mais cautelosa do bloco europeu em comparação aos padrões brasileiros, tradicionalmente mais flexíveis.

Essa assimetria regulatória tem repercussões globais. Bombardi (2023) a descreve como uma assimetria Norte-Sul, na qual Estados Unidos, Europa e China figuram entre os principais produtores e exportadores de agrotóxicos, enquanto Brasil e Argentina se destacam como grandes importadores e consumidores. Essa dinâmica é agravada pelo fato de que países fabricantes exportam moléculas proibidas em seus próprios territórios, gerando rejeição de alimentos contaminados nos mercados importadores. Hess et al. (2021) reforçam essa lacuna ao apontar que, em 2020, pelo menos 30% dos ingredientes ativos autorizados no Brasil não tinham uso permitido na União Europeia, devido a efeitos adversos sobre a saúde humana e o ambiente. Esse descompasso expõe vulnerabilidades ao Brasil, uma vez que a manutenção de moléculas já banidas em outras partes do mundo coloca o país em posição frágil, tanto em termos de saúde pública quanto de competitividade agrícola.

Com o intuito de reduzir as barreiras técnicas ao comércio ocasionadas pela divergência nos valores de LMR, o Acordo sobre Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS) da Organização Mundial do Comércio (OMC) reconhece as normas do *Codex Alimentarius* como referência internacional para a harmonização regulatória. O Codex, coordenado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS), estabelece diretrizes globais para os LMRs de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal e animal destinados ao consumo humano (Hermida; Pelaez; Silva, 2015; Anvisa, 2020).

Entretanto, conforme destacado por Oliveira, Carbonera e Rossetto (2024), o *Codex Alimentarius* não possui valores estabelecidos para

inúmeras moléculas de agrotóxicos. No caso específico da aveia branca, apenas 23% dos ingredientes ativos dispõem de parâmetros definidos, o que gera um vazio regulatório e cria incertezas capazes de comprometer tanto a previsibilidade das negociações comerciais quanto a consolidação de padrões internacionais de segurança alimentar. Os autores ainda ressaltam que os LMRs estabelecidos pela Anvisa para determinados agrotóxicos utilizados no cultivo de aveia no Brasil podem ser até 19.900% superiores aos limites fixados pela União Europeia.

Essas disparidades também se estendem à água destinada ao consumo humano, regulada por meio dos Valores Máximos Permitidos (VMPs). No Brasil, os VMPs definidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 podem ser centenas de vezes superiores aos valores uniformes e restritivos estabelecidos pela Diretiva (UE) 2020/2184, revelando desafios relevantes para a segurança hídrica e a saúde pública. O padrão de potabilidade brasileiro é estabelecido pela legislação sanitária vigente, especialmente pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Essa última determina monitoramento semestral para cerca de 40 agrotóxicos em todos os sistemas de abastecimento de água, embora nem todos possuam VMPs específicos devidamente definidos (Brasil, 2021).

Na União Europeia, por sua vez, a legislação sobre qualidade da água destinada ao consumo humano adota alguns dos parâmetros mais restritivos do mundo. A Diretiva (UE) 2020/2184, em seu Anexo I, Parte B, estabelece que a concentração de cada agrotóxico individual, incluindo seus metabólitos e produtos de degradação relevantes, não pode ultrapassar 0,10 µg/L (0,0001 mg/L). Além disso, define-se o valor de 0,50 µg/L para a soma de todos os agrotóxicos presentes na amostra, com exceção de aldrina, dieldrina, heptacloro e epóxido de heptacloro, cujo limite máximo permitido é ainda mais rigoroso, de 0,030 µg/L. Esses valores evidenciam a postura cautelosa da União Europeia em relação à segurança hídrica, ao adotar limites significativamente inferiores aos praticados em países como o Brasil, onde os VMPs podem ser dezenas ou até centenas de vezes superiores.

Além das divergências normativas, emerge um desafio toxicológico transversal, a exposição combinada aos agrotóxicos, marcada pelo efeito cumulativo e sinérgico dos resíduos. Na prática, a exposição real não ocorre a um único composto, mas a uma mistura deles, fenômeno conhecido como “efeito coquetel” (Aranha; Rocha, 2019). Essas interações podem

gerar respostas toxicológicas imprevistas, potencializando ou reduzindo os efeitos isolados, sobretudo considerando que diariamente a população ingere resíduos presentes tanto na água quanto nos alimentos.

A legislação brasileira vigente não contempla explicitamente essa abordagem, ao contrário da União Europeia, que já incorpora esse referencial, em especial na regulação da água. Diante dessa complexidade, torna-se urgente que os órgãos reguladores desenvolvam metodologias capazes de avaliar não apenas a toxicidade individual, mas também os efeitos combinados dessas substâncias, de modo a garantir maior proteção à saúde pública e à segurança alimentar.

Considerações finais

A contaminação de água e alimentos por agrotóxicos constitui um dos grandes desafios decorrentes da modernização agrícola. Embora sustente altas produtividades e assegure a competitividade do agronegócio, compromete a saúde humana, a qualidade dos recursos naturais e a sustentabilidade dos sistemas alimentares. O conjunto de evidências reunidas neste capítulo revela que se trata de um problema sistêmico, que ultrapassa a esfera agronômica e alcança dimensões ambientais, sanitárias, econômicas e regulatórias. No plano hidroambiental, processos como lixiviação, escoamento superficial e deriva de pulverização resultam em uma poluição difusa, persistente e de difícil controle, com efeitos documentados sobre comunidades aquáticas e riscos significativos à saúde humana.

Na dimensão alimentar, os cereais, em especial a aveia branca, evidenciam a recorrência de resíduos acima dos Limites Máximos de Resíduos (LMRs) em amostras comerciais, somada a práticas como dessecação pré-colheita, indica fragilidades de manejo e de conformidade. Esses achados não apenas tensionam o direito à alimentação adequada e segura, mas também afetam a competitividade externa, dado o distanciamento entre os padrões brasileiros e as exigências de mercados mais restritivos, como o europeu.

A comparação regulatória entre Brasil e União Europeia revela um gradiente normativo consistente, enquanto a UE opera sob abordagem mais cautelosa e limites uniformes rigorosos, a regulamentação brasileira tende a admitir valores mais altos e maior diversidade de moléculas ativas. Essa assimetria se traduz em barreiras técnicas ao comércio, rejeições de lotes e incertezas para produtores, ao mesmo tempo em que potencializa

riscos sanitários internos quando LMRs e VMPs permanecem desalinhados a padrões de maior proteção.

Um desafio transversal destacado ao longo do texto é a exposição combinada a múltiplos resíduos, o “efeito coquetel”. Como o consumo real envolve misturas de substâncias presentes simultaneamente em alimentos e água, avaliações de risco baseadas em compostos isolados subestimam perigos potenciais. A incorporação explícita de abordagens cumulativas e sinérgicas nas avaliações brasileiras, alinhadas ao que a UE já vem contemplando especialmente para água, constitui passo decisivo para aproximar a regulação da realidade de exposição da população.

No plano produtivo, a redução de dependência de insumos químicos e a adoção de bioinsumos e práticas orgânicas/agroecológicas não são apenas alternativas ambientais, elas configuram estratégia de resiliência econômica e de inserção em mercados exigentes, diminuindo o risco de barreiras técnicas e de perdas por não conformidade. A experiência acumulada no país demonstra que é possível conciliar produtividade com segurança, desde que haja assistência técnica, pesquisa aplicada e marcos regulatórios coerentes.

Por fim, a realidade observada na Região Noroeste do RS, marcada pelo uso intensivo de agrotóxicos, pela detecção de resíduos em água e alimentos e por indícios de impactos à saúde, sintetiza, em escala local, um quadro que reflete a realidade nacional. Enfrentá-lo exige a convergência entre ciência e política, a atualização das normas, a qualificação do monitoramento, o fortalecimento da vigilância, o estímulo a transições tecnológicas e a promoção da educação ambiental. A articulação entre ciência, política e sociedade é imperativa para que a água e os alimentos, bens comuns e vitais, sejam assegurados às presentes e futuras gerações sob padrões de segurança compatíveis com a dignidade humana.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Impactos da mudança climática nos recursos hídricos das diferentes regiões do Brasil.** Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 09 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – Anvisa. Agrotóxicos. **Agrotóxicos em alimentos.** Anvisa, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/perguntasfrequentes/>

agrotoxicos/agrotoxi cos-em-alimentos. Acesso em: 10 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – Anvisa. Contextualização: **Participação em fóruns internacionais**. Anvisa, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/participacao-em-foruns-internacionais/contextualizacao>. Acesso em: 10 ago. 2024.

ARANHA, A.; ROCHA, L. “Coquetel” com 27 agrotóxicos foi achado na água de 1 em cada 4 municípios. **Por trás do alimento**. Agência Pública/Repórter Brasil, 15 abr. 2019. Disponível em: <https://apublica.org/2019/04/coquetel-com-27-agrotoxicos-foi-achado-na-agua-de-1-em-cada-4-municipios-consulte-o-seu/>. Acesso 10 dez. 2024.

AYOUB, Juliano P.; OLIVEIRA Marcel R. N.; FREITAS, Fabricio H.; MELLO, Mikel E. Ações antrópicas e a associação com as mudanças climáticas. **Journal of Business and Management (IOSR-JBM)**, e-ISSN:2278-487X, p-ISSN: 2319-7668. Volume 26, Issue 12. Ser. 9, PP 21-27. dez. 2024. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol26-issue12/Ser-9/C2612092127.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2025

BATTISTI, I.D.E. **Agrotóxicos e saúde**: evidências de pesquisas no Rio Grande do Sul sobre a saúde do agricultor, resíduos em águas e saúde da criança. Palestra proferida junto à disciplina de Agrotóxicos na Saúde e no Ambiente, do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, Unijuí. Ijuí, Unijuí, 2021.

BETTIOL, W.; MEDEIROS, F. H. V. **Como o Brasil se tornou o maior produtor e consumidor de produtos de biocontrole**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Agroecologia e produção orgânica - Manejo Integrado de Pragas. Publicado em de 17/03/23. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79156418/artigo-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-consumidor-deprodutos-de-biocontrole>

BOMBARDI, L. M. **Pequeno Ensaio Cartográfico Sobre o Uso de Agrotóxicos no Brasil**. São Paulo: Laboratório de Geografia Agrária, USP, 2016. 40 p.

BOMBARDI, Larissa Mies. **Agrotóxicos e Colonialismo Químico**. São Paulo: Elefante, 2023, 108 p.

BRASIL. **Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020**. Institui o

Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Brasília, Presidência da República, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.** Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 07 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.** Consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 03 out. 2017. Disponível em: https://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

CARBONERA, R. Uma prática temerária. **Conselho em Revista**, Edição 78. Porto Alegre, CREA/RS, 01/02/2011, pág. 32.

CARBONERA, R.; CENCI, D. R.; OLIVEIRA, N. D. de. Resíduos de agrotóxicos em águas superficiais e subterrâneas. **Anais...10º Congresso Internacional de Saúde**. Ijuí, Unijuí, 2023.

CATARINO, R., GABA, S., BRETAGNOLLE, V. Experimental and empirical evidence shows that reducing weed control in winter cereal fields is a viable strategy for farmers. **Scientific Reports**, 9(1), 9004. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45315-8>.

CEQUINEL, J.C.; RODRIGO, L.C.P. **Intoxicação aguda por agrotóxicos**. Atendimento inicial ao paciente. Saúde de populações expostas a agrotóxicos. Plano de Vigilância e Atenção à Saúde de Populações Expostas aos Agrotóxicos do Estado do Paraná - PEVASPEA, 2018.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – 2023**. Brasília: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 jul. 2025.

CUNHA, G. R.; CAIERÃO, E. Informações técnicas para trigo e triticale: safra 2023. **Anais... 15ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 143 p.

EUROPEAN COMMISSION. **Regulation (EC) No 396/2005 of**

the European Parliament and of the Council of 23 February 2005.

Maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin. Disponível em: . Acesso em: 10 dez. 2024.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Scientific Opinion on the assessment of pesticide residues in food 2023.

Disponível em: . Acesso em: 12 dez. 2024.

EMATER/RS. Terceira estimativa da safra de inverno 2022.

EMATER/RS, Porto Alegre, jan. 2023. In: https://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/safra/safraTabela_05012023.pdf. Acesso em: 24 de fevereiro de 2023.

GUARIENTI, E.M. Papel do(a) Engenheiro(a) Agrônomo(a) na produção de alimentos seguros. Ijuí, palestra à Associação dos Profissionais de Agronomia (APAJU), 2014.

GUIMARÃES, G. N. H. et al. Aveia e saúde humana: uma revisão bibliográfica. **Higeia – Revista Brasileira de saúde e meio ambiente**, v. 17, n. 6, p. 1-14, 2021.

HERMIDA, C.; PELAEZ, V.; SILVA, L. Limites de resíduos de agrotóxicos e barreiras técnicas comerciais. **Agroalimentaria**, v. 21, p. 151-170, 2015.

HESS, S.C.; NODARI, R.O.; LOPES-FERREIRA, M. Agrotóxicos: Críticas à regulação que permite o envenenamento do país. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, Edição especial - Agronegócio em tempos de colapso planetário: abordagens críticas, p. 106-134, 2021.

HUPFFER, H. M.; POL, J. J. O direito de escolha do consumidor e a necessária informação sobre alimentos com agrotóxicos. **NOMOS: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC**, Fortaleza, v.37, n.2, jul./dez., 2017, p. 41-67

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA - INCA. Exposição no trabalho e no ambiente. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em:<<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>> . Acesso em: 20 de novembro de 2024.

JOBIM, P.F.C.; NUNES, L.N.; GIULIANI, R.; CRUZ, I.B.M. Existe uma associação entre mortalidade por câncer e uso de agrotóxicos? Uma contribuição ao debate. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n.1, p. 277-288, 2010.

LOPES, C.V.A; ALBUQUERQUE, G.S.C.. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, abr./jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>.

MACHADO, E. S. et al. Uso de herbicidas na cultura da aveia branca em sistema de rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 27, n. 2, p. 101-109, 2021.

MAGALHÃES, L. C. G.; TOMICH, F. A.; SILVEIRA, F. G. Competitividade e políticas públicas para o agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 26, n. 4, p. 196-217, 2019.

MARTINS, M.M.V. Dinte - Dilemas no uso de defensivos agrícolas : diferenças nas práticas e políticas ligadas aos limites máximos de resíduos. **Notas Técnicas** 37, p. 1-22, 27 nov. 2021.

MATOS, E. M. C; RIBEIRO, L.C.; PRESTES, O.E.; SILVA, J.A.G. da; FARIAS, B.S. de; PINTO, L.A. de. A; ZANELLA, R. Multiclass Method for the Determination of Pesticide Residues in Oat Using Modified QuEChERS with Alternative Sorbent and Liquid Chromatography with Tandem Mass Spectrometry. **Food Analytical Methods**, v. 12, n. 12, p. 2835-2844, 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - MAPA. Consulta LMR – **Painel de Consulta de Limites Máximos de Resíduos (LMR)**. Brasília, DF, 22 abr. 2023. Atualizado em 20 ago. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/painel-consulta-lmr>. Acesso em: 14 set. 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE; Agência Nacional de Vigilância Sanitária; **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 295, DE 29 DE JULHO DE 2019**; Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/rdc0295_29_07_2019.pdf>; Acesso em 03 de agosto de 2025.

OLIVEIRA, A. L. et al. Contaminação de grãos de aveia por resíduos de agrotóxicos na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01719, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.01719>.

OLIVEIRA, N. D. de. **Análise de resíduos de agrotóxicos em grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) e comparativo dos limites máximos de resíduos nacionais e internacionais**. Dissertação de Mestrado, Sistemas Ambientais e Sustentabilidade. Ijuí, UNIJUÍ, 2024. 110 f.

OLIVEIRA, N.D.; CARBONERA, R.; ROSSETTO, D.R.. Agrotóxicos e segurança alimentar: conflitos regulamentares entre Brasil e União Europeia. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 18, n. 10, p. 1-15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n10-099>.

PEREIRA, L. M.; COSTA, F. S. Manejo sustentável do solo em sistemas orgânicos: impactos ambientais e produtivos. *Ciência Rural*, v. 51, n. 3, 2021.

SABERI, F.; MARZBAN, R.; ARDJMAND, M.; PAJOUR, S.F.; TAVAKOLI, O. Optimization of culture media to enhance the ability of local *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, v.19, p.468–475, 2020.

SANTOS, A.H. dos; COPPETTI, K.; CARBONERA, R.; SILVA, J.A.G. Resíduos de agrotóxicos em cultivares de aveia branca, a busca por sistemas de cultivo mais sustentáveis. *Anais...* Salão do Conhecimento Unijuí 2022. Ijuí, Editora Unijuí, 2022.

SANTOS, C. Y. H. **As Implicações do Uso de Agrotóxicos:** Doenças Relacionadas ao Contato com esses Produtos. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/b1b72270-4a97-4d79-b5d8-bbfb0cb14085/3046405.pdf>> . Acesso em 26 de março de 2025.

SCHEER, M. R. **Fungicidas em cultivares de aveia branca:** produtividade, qualidade fisiológica e sanitária de sementes e resíduos de agrotóxicos. 2021. 98 f. Dissertação de Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí.

SHAPIRO, H. **Safe, sustainable, crop production:** meeting the goals. Fao, (February), 12–13, 2019.

SILVA, D. M. *et al.* Microbacia do Ribeirão Santa Maria: Diagnóstico ambiental e análise de carbono em água superficial. *Revista Ifes Ciência*, v.9 n.1, p. 1-12, 2023. DOI: 10.36524/ric.v9i1.2105. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/373845188_MICROBACIA_DO_RIBEIRAO_SANTA_MARIA_DIAGNOSTICO_AMBIENTAL_E_ANALISE_DE_CARBOFURANO_EM_AGUA_SUPERFICIAL. Acesso em: 15 ago. 2024.

SILVA, T. H. *et al.* Crescimento da produção orgânica no Brasil e suas implicações para a segurança alimentar. *Agricultura em Foco*, v. 9, n. 4, p. 67-79, 2022.

SILVA, T. H. C. *et al.* O uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura, seus impactos na saúde do trabalhador rural e a consequente responsabilidade civil no Brasil. **Revista de Direito Sanitário**, São Paulo, v.22 n 2, e0007, 2022. Disponível em:<<https://www.revistas.usp.br/rdisan/article/view/173146/187544>>, acesso em: 21 jun. 2023.

TYGEL, A.; *et al.* **Atlas dos agrotóxicos Fatos e dados do uso dessas substâncias na agricultura.** Rio de Janeiro, Fundação Heinrich Böll, 2023. Disponível em: <https://contraosagrotoxicos.org/wp-content/uploads/2023/12/atlas-do-agrotoxico-2023.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu; Conselho da União Europeia. **Diretiva (UE) 2020/2184, de 16 de dezembro de 2020.** Relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 435, p. 1–62, 23 dez. 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32020L2184>. Acesso em: 16 set. 2025.

WILKINSON, J. Transformações e perspectivas dos agronegócios brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 26-34, 2010.

Capítulo 3

QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO EM ÁREAS RURAIS: UMA REVISÃO¹

**ADRIANE MARISA BURCHARDT SCHULTZ²; JULIANA MARIA FACHINETTO³;
CHRISTIANE DE FÁTIMA COLET⁴; ROBERTO CARBONERA⁵**

¹Trabalho desenvolvido como parte da dissertação da primeira autora junto ao Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS, E-mail: a.burchardt108@gmail.com

³Doutora em Genética e Biologia Molecular, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS, E-mail: julianafachinetto@yahoo.com.br

⁴Doutora em Ciências Farmacêuticas, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS. E-mail: christiane.colet@unijui.edu.br

⁵Doutor em Agronomia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br

Introdução

Aintensa e deletéria intervenção antrópica sobre os recursos naturais evidencia as atuais alterações ambientais, capazes de comprometer a disponibilidade destes, dentre os quais, destaca-se a água, que, em alguns territórios, se tornou um recurso escasso e qualitativamente comprometido. Os crescentes desmatamentos, os processos de erosão/assoreamento dos mananciais superficiais, o lançamento de efluentes e detritos industriais e domésticos nos recursos hídricos têm cooperado para tal conjuntura. Nos países em desenvolvimento essa problemática é agravada devido à precária cobertura da população em termos de serviços de abastecimento de água com qualidade e quantidade (Ministério da Saúde, 2006).

Sob esta percepção, no contexto global, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) (OPAS, 2019) apontam que três entre cada dez pessoas não têm acesso a água potável. Ademais, seis entre cada dez pessoas não têm acesso a serviços de saneamento gerenciados de forma segura, e uma em cada nove pratica a defecação ao ar livre. Logo, a disponibilidade e o acesso democrático à água potável, constituem demandas eminentemente imperiosas, eis que se trata de um recurso natural, finito e, sobretudo, fundamental para a manutenção da vida na Terra, além de atuar como um componente basilar e insubstituível em diversas cadeias produtivas agrícolas, industriais e energéticas (Costa; Martins; Palhares [Orgs.], 2019; Machado; Garrafa, 2020).

No que concerne ao âmbito rural, a imprescindibilidade da água não apenas se reduz as atividades agrícolas e de pecuária, mas também seu provimento às comunidades é de suma relevância, o qual se sucede por meio de poços rasos, que fornecem água à 32% dos domicílios rurais e via poços subterrâneos, os quais abastecem 29,7% dos moradores de áreas rurais no País (Brasil, 2023). Esta água disponibilizada às populações rurais, para a ingestão e preparo de alimentos, deve ser necessariamente potável, ou seja, não pode conter elementos tóxicos, nem organismos patogênicos, nem substâncias orgânicas e inorgânicas que produzam efeitos fisiológicos prejudiciais ao ser humano (Branco, 2001).

Assim sendo, é imprescindível garantir às comunidades rurais água potável, o que pode ser realizado por meio da identificação das fontes de poluentes, do grau de vulnerabilidade e do estágio de proteção ao perímetro imediato dos poços artesianos que abastecem a água aos residentes. Efetuando-se o estabelecimento da relação entre a qualidade de água e as atividades desenvolvidas no uso do solo, pode-se elaborar ações concretas, seja pela proposição de novos paradigmas teóricos, seja pela adoção de atitudes práticas (Lazarotto *et al.*, 2020). Considerando todo este contexto, alicerça-se, sob estas premissas, o encadeamento da presente pesquisa relativa à qualidade da água consumida pela população residente em áreas rurais.

A água no meio rural

O provimento dos serviços compreendidos pelo saneamento básico, como o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e o manejo

dos resíduos sólidos (Brasil, Lei nº 14.026, 2020) encontra vários entraves no País. O acesso à água potável, por exemplo, mesmo nos aglomerados urbanos, por vezes, é precário; quanto à oferta de água encanada e tratada ou até, com o fornecimento em quantidade insuficiente, levando os usuários ao racionamento compulsório ou ao uso de fontes alternativas. Suplantando esta conjuntura, as condições vivenciadas nas áreas rurais retratam o descaso do poder público ante a coleta e tratamento de esgoto e oferta de água potável (Queiroz; Oliveira, 2018), uma vez que as mesmas não são comumente atendidas pelas companhias estaduais e são deixadas em segundo plano pelos departamentos ou companhias municipais, suscitando a implantação, pelas próprias comunidades, de sistemas de saneamento locais, usualmente sem nenhum apoio técnico (Garrido *et al.*, 2016; Tonetti *et al.*, 2018).

No cenário rural há particularidades na provisão de serviços de abastecimento de água, devido alguns condicionantes específicos, tais como: os núcleos habitacionais têm baixa densidade populacional; grande distância em relação à sede do município; difícil acesso; vasta dispersão entre os domicílios ou situação de irregularidade fundiária; e inabilidade técnica, econômica e/ou política (Tonetti *et al.*, 2018). Assim sendo, a população de comunidades rurais é sujeitada a utilização de abastecimento hídrico em fontes não potáveis, cujo critério de escolha considera o conhecimento tradicional, a experiência e a aparência visual da água, levando à adoção de soluções locais, unifamiliares ou semicoletivas (Queiroz; Oliveira, 2018; Tonetti *et al.*, 2018).

Neste sentido, práticas cuja engenhosidade se fundamenta em vieses advindos da precariedade das condições materiais de existência de populações rurais que se reproduziram no abandono são comuns no Brasil (Ferreira, 2018). Sob esta perspectiva, nas comunidades rurais, significativa parcela dos residentes, capta água em mananciais superficiais, diretamente de cursos d'água e nascentes, de modo precário, dado que normalmente os próprios moradores coletam a água e a transportam em baldes, latas ou outros utensílios. Poucos são os domicílios, no meio rural, que possuem redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna (Silva, 2016), advindas da captação em poços feitos tanto no lençol freático (conhecidos como poços rasos; escavados; ou cacimbas), quanto no lençol subterrâneo (poços tubulares profundos; ou poços artesianos) (FUNASA, 2015).

Os poços rados geralmente são escavados com profundidade entre 10 a 20 metros e diâmetro mínimo de 90 centímetros, pelas próprias comunidades ou trabalhadores locais, com ferramentas simples. Tal tipologia de poço não necessita de licenciamento ambiental para escavação e geralmente possui menor segurança quanto à estrutura e proteção contra a contaminação da água. Já os poços tubulares profundos, devem apresentar um diâmetro entre 150 e 200 milímetros, o que é determinado em função da vazão a ser extraída. A profundidade pode variar entre 60 a 300 metros ou mais, dependendo da profundidade em que se encontra o aquífero (FUNASA, 2015). Entretanto, cabe pontuar que, mesmo havendo acesso à rede de abastecimento hídrico, tal não condiz essencialmente na universalização do serviço nas áreas rurais, tampouco na qualidade da água, acentuando os riscos quanto à incidência de doenças correlatas (OPAS, 2019).

Desta forma, não apenas a qualidade da água é fator de preocupação nas zonas rurais, mas também a sua quantidade e regularidade de fornecimento, pois sendo estes insuficientes, sucedem-se deficiências na higiene; acondicionamento da água em vasilhames, para fins de reserva, os quais podem se tornar ambientes propícios para a reprodução de vetores e vulneráveis à deterioração da qualidade da água; bem como, a procura por fontes alternativas de abastecimento, que se constituem potenciais riscos à saúde, quer seja pelo contato das pessoas com tais fontes, quer seja pelo uso de águas de baixa qualidade microbiológica. Situação similar, e ainda mais preocupante, ocorre nas localidades onde inexistem sistemas coletivos de abastecimento de água. Contexto este, em que a população recorre às fontes de água diversas, comumente, mais vulneráveis à presença de contaminantes (Ministério da Saúde, 2006).

A deterioração da qualidade da água destinada ao consumo humano, no meio rural, pode ocorrer de três formas, quais sejam: introdução de substâncias artificiais e estranhas ao meio, à exemplo do lançamento de agrotóxicos ou a contaminação por organismos patogênicos advindos, precipuamente, de excrementos humanos e de animais; introdução de substâncias naturais e estranhas ao meio, como o aporte de sedimentos às águas de um lago, reduzindo seu volume útil; e alteração na proporção ou nas características dos elementos constituintes do próprio meio, tal como a diminuição do teor de oxigênio dissolvido nas águas de um rio em decorrência da presença de matéria orgânica (Ministério da Saúde, 2006; Zini, 2021).

Como agentes poluidores da água, têm-se a matéria orgânica biodegradável (esgotos, por exemplo), provocando o consumo de oxigênio e mortandade de peixes; sólidos em suspensão, que acarretam problemas estéticos, depósitos de lodo, proteção a organismos patogênicos e adsorção de poluentes; nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo, os quais conduzem ao crescimento excessivo de plantas, cuja posterior decomposição irá prejudicar o balanço de oxigênio do corpo d'água; patogênicos, que suscitam o surgimento de diversas enfermidades de veiculação hídrica; matéria orgânica não biodegradável (pesticidas, detergentes), que fomenta à ocorrência de maus odores e de condições tóxicas; metais pesados, os quais, além de apresentarem toxicidade, afetam o desenvolvimento da vida aquática (Ministério da Saúde, 2006).

No que concerne ao desencadeamento da toxicidade nas águas para o consumo humano, o uso intensivo de agrotóxicos na produção agrícola, é fator sobremaneira relevante, já que este setor configura a base da economia do País. Os efeitos de contaminações químicas na água para consumo humano se manifestam por meio de doenças crônicas, sobretudo, após longo período de exposição, tal como ocorre quando da alteração no padrão genético das células com consequente crescimento tumoral, ou seja, carcinogenicidade (Zini, 2021). Neste viés, a Organização das Nações Unidas (ONU) ao determinar em sua Agenda 2030, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacou no objetivo de número 3, a meta 3.9, acerca da necessidade de reduzir o número de doenças e mortes causadas por produtos químicos perigosos que contaminam solo, ar e água (ONU, 2020).

Destarte, a qualidade da água concatenada aos serviços de saneamento básico, indubitavelmente deve ser considerada como determinante ambiental de saúde. Nesta concepção, o saneamento básico quando fornecido em condições precárias ou quando ausente, é fator que não apenas exerce impactos danosos na qualidade das águas e dos solos, mas também na saúde humana, uma vez que expõe a população à uma série de doenças endêmicas e epidêmicas (Bayer; Uranga; Fochezatto, 2021; Massa; Chiavegatto Filho, 2020). Assim, os recursos hídricos se apresentam como um potencial veículo transmissor de doenças desencadeadas por patógenos/vetores ou sujidades de outra natureza, cuja presença tende a comprometer a saúde da população consumidora, especialmente àquele(s) que se encontra(m) em condições insalubres e no território rural (Soares *et al.*, 2018; Guedes *et al.*, 2017).

No que tange às doenças de veiculação hídrica, estas podem ser classificadas como doenças de origem hídrica, as quais são geradas por substâncias orgânicas ou inorgânicas presentes na água em concentrações superiores aos padrões para consumo humano; e como doenças de transmissão hídrica, em que a água atua como condutor do agente infeccioso, à exemplo dos microrganismos patogênicos, que são transmitidos através da ingestão ou quando em contato com a pele e mucosas do corpo humano. Estas doenças se apresentam por meio de diferentes tipos de sintomas característicos, tais como a diarreia, perda de apetite e febre. As principais enfermidades de veiculação hídrica correspondem à amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifóide, hepatite infecciosa e cólera. Além destas, indiretamente, a água está ligada à transmissão de verminoses, como esquistossomose, ascaridíase e teníase (Bezerra *et al.*, 2017; Lopes, 2020; Xavier; Quadros; Silva, 2022).

A ingestão de água que contenha elevada concentração de agentes patogênicos, como coliformes provoca surtos de doenças agudas, as quais têm a capacidade de atingir um número significativo de pessoas em um curto espaço de tempo (Arbos *et al.*, 2017; Zini, 2021). Esta conjuntura vivenciada no País, sobretudo em regiões remotas e em áreas rurais, retrata um dos maiores desafios de saúde pública do Brasil: o saneamento básico, além de demonstrar a necessidade de esforços à universalização sustentável e provimento dos serviços compreendidos por este (Albuquerque, 2011). Tal situação também repercute na esfera econômica, uma vez que, consoante a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada R\$ 1,00 (um real) investido em medidas de saneamento, poderia se economizar R\$ 9,00 (nove reais) na área da saúde, especialmente, no tratamento de doenças, por ser mais oneroso aos cofres públicos (FUNASA, 2017).

Indubitável, à vista disso, que haja o fomento à prestação dos serviços compreendidos pelo saneamento básico, precipuamente àquele condizente à água destinada ao consumo humano, quer seja esta superficial, quer seja subterrânea. A maneira mais apropriada de fornecimento de água deve estar atrelada aos parâmetros de qualidade físico-químicos, biológicos e organolépticos, para que as características de potabilidade necessárias possam ser aferidas (Arbos *et al.*, 2017). Sob esta perspectiva, a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, estabelece parâmetros qualitativos, os quais compreendem a demanda química de oxigênio; demanda bioquímica de oxigênio; turbidez; cor verdadeira; potencial hidrogeniônico (pH); fósforo total; nitrogênio amoniacial

total; coliformes totais; *Escherichia coli*; além de parâmetros inorgânicos; orgânicos; e agrotóxicos (Ministério da Saúde, 2021).

No que diz respeito aos agrotóxicos, considerando o seu demasiado e crescente emprego na produção agrícola e a velocidade com que são lançados novos compostos no mercado, o desafio quanto a sua regulamentação é mais árduo. Como limitante desta regularização, em relação ao padrão brasileiro de potabilidade, voltado para todo o território nacional, peculiaridades regionais podem ficar sem amparo normativo, o que demanda a atuação legislativa pelos estados federados, de acordo com a realidade do seu território. Neste sentido, no Estado do Rio Grande do Sul (RS), a Portaria SES/RS 320, de 24 de abril de 2014, estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, ao acrescer 46 parâmetros, a fim de enquadrar a água para consumo humano como potável (Zini, 2021; Rio Grande do Sul, 2014).

A aferição dos parâmetros de potabilidade da água efetiva-se por meio da inspeção da água distribuída e consumida, a qual deve ser realizada em frequência adequada e nos pontos mais vulneráveis do sistema de abastecimento ou fontes particulares, no intento de se obter uma visão da probabilidade de ocorrência de episódios de qualidade indesejável da água e, deste modo, identificar possíveis ocorrências negativas, para impedi-las ou evitá-las, ou ainda eventuais procedimentos inadequados, a fim de corrigi-los. Tal inspeção ocorre mediante a realização de análises físico-químicas e microbiológicas, estrategicamente planejadas, para conjuntos de parâmetros de qualidade, em consonância com o estabelecido nas legislações relativas aos padrões de potabilidade (Xavier; Quadros; Silva, 2022; Ministério da Saúde, 2006).

Para tanto, o controle e vigilância da qualidade da água deve ser efetuado pelo responsável do sistema de abastecimento de água (SAA) (concessionárias, como a Companhia Riograndense de Saneamento) ou da solução alternativa coletiva (SAC), cujo abastecimento ocorre em locais onde não há rede de distribuição (empresa prestadora de serviço de tratamento da água); e a autoridade de saúde pública (Municípios, Estados e União), respectivamente. Nas comunidades rurais, considerando a predominância de poços artesianos, o sistema de abastecimento de água de solução alternativa coletiva é a forma de controle da potabilidade da água. O registro dos resultados das análises efetuadas para verificar a potabilidade da água deve ser realizado no Sistema de Informação da

Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) pelos entes federados, de acordo com o artigo 6º, da Portaria GM/MS nº 888/2021 (Ministério da Saúde, 2021).

No tocante às análises direcionadas à qualidade física, o propósito central consiste na identificação de parâmetros que representem, de forma indireta, a concentração de sólidos – em suspensão ou dissolvidos – na água. Esses parâmetros têm um duplo significado para a saúde pública. Por um lado, revelam a qualidade estética da água, cuja importância sanitária reside no fato de que águas com inadequado padrão estético, mesmo microbiologicamente seguras, podem induzir os consumidores a recorrerem a fontes alternativas menos seguras. Por outro lado, águas com elevado conteúdo de sólidos comprometem a eficiência da desinfecção, dado que os sólidos podem estar associados a microrganismos (Ministério da Saúde, 2006).

Já as análises atinentes à qualidade química são conduzidas para a quantificação e identificação dos elementos e espécies iônicas presentes na água, por intermédio de uma série de técnicas analíticas, as quais são adotadas em consonância com a finalidade do procedimento, como precisão, acuracidade, sensibilidade, repetibilidade, segurança e custo do método. São análises químicas aplicadas a titulometria; a volumetria; a gravimetria; a espectrofotometria UV/Visível; a espectrometria de emissão; e a cromatografia iônica (Parron; Muniz; Pereira, 2011). Os componentes e espécies químicas não devem estar presentes na água acima de determinadas concentrações, em observância aos estudos epidemiológicos e toxicológicos, bem como a legislação vigente (Ministério da Saúde, 2006).

E, no que concerne à avaliação da qualidade microbiológica da água, esta tem papel fundamental, em vista do elevado número e da diversidade de microrganismos patogênicos, comumente de origem fecal, que podem ser encontrados na água e, cuja identificação é, via de regra, morosa, complexa e onerosa. Ante tal, tradicionalmente recorre-se à identificação dos organismos indicadores de contaminação, dado que sua presença aponta o contato com matéria de origem fecal (humana ou animal) e, portanto, o risco potencial da presença de organismos patogênicos. Para tanto, o indicador deve apresentar a melhor correlação entre os riscos de saúde e a contaminação de um determinado ambiente (Ministério da Saúde, 2006). Um indicador microbiológico de contaminação fecal comumente utilizado em estudos da qualidade da água é a

Escherichia coli, bactéria encontrada nas fezes de animais de sangue quente, incluindo os seres humanos (Roveri; Muniz, 2016).

A implementação destas análises de qualidade da água é fomentada pela ONU ao determinar em seus ODS, no objetivo de número 6, a garantia de disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, contendo como metas a distribuição de água de forma igualitária para a população mundial, a melhoria da qualidade da água, o fim da defecção a céu aberto e a universalização do saneamento. Acresce-se a este, o objetivo 3, que determina a promoção de uma vida saudável e do bem-estar para todas as pessoas, em todas as idades (ONU, 2023). Corrobora com estas determinações, a Lei nº 14.026/2020, a qual estabelece, como um dos seus princípios fundamentais, a universalização do acesso e efetiva prestação de serviço (artigo 2º) e como um dos objetivos da Política Federal de Saneamento Básico, proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais (artigo 49, inciso IV) (Brasil, 2020).

Cabe ainda assinalar que as ações para garantir a qualidade da água para consumo humano não se encerram nas análises físico-químicas e microbiológicas da água, nem no exame de dados sobre seu consumo. Torna-se necessário compor um sistema auxiliar de informações tal, que se possam caracterizar minimamente as diversas formas de abastecimento e de consumo de água em uma comunidade, com o objetivo de mapear grupos, fatores e situações de risco, através de dados como o tipo de manancial (superficial, subterrâneo, nascentes, dentre outros); condições de proteção dos mananciais, sejam fontes coletivas ou individuais de abastecimento; uso e ocupação da bacia de captação; e identificação de fontes de poluição. Tais informações permitem compor a história do manancial e possibilitam a identificação de pontos nos quais não se pode negligenciar um acompanhamento mais rigoroso da potabilidade da água destinada ao consumo humano (Ministério da Saúde, 2006).

O avanço no conhecimento a respeito da qualidade de água subterrânea é indispensável, porquanto permite a compreensão concernente à importância e aos desafios enfrentados para efetividade de sua gestão, mormente quando se trata de estudos em escala local e regional que sistematizam os dados disponíveis e que estabelecem correlação entre a qualidade de água e as condições sanitárias e atividades desenvolvidas no uso do solo, com vistas à chegar a ações concretas, seja pela proposição de novos paradigmas teóricos, seja pela adoção de atitudes práticas (Silva, 2019). Frente a estes aspectos, é necessário empreender esforços para que

em comunidades rurais se promova a saúde, o que compreende o acesso à água potável (Fortes; Barrocas; Kligerman, 2019).

Considerações finais

O cenário rural da grande parte dos municípios brasileiros evidencia solos submetidos a constantes atividades de pecuária e agrícolas, sendo esta última caracterizada pelo uso expressivo de agrotóxicos, se constituindo, portanto, em fator condicionante à contaminação dos recursos hídricos, quer sejam superficiais, quer sejam subterrâneos. Diante disso, é fundamental a adoção de padrões de manejo diferentes, com ênfase na sustentabilidade da água e menor dependência de agrotóxicos, com o planejamento e gestão do uso e ocupação do solo, fomentado por meio de programas de educação ambiental no campo. Acresce-se a este aspecto, o constante controle da qualidade da água, por meio de análises, por exemplo, a fim de implementar os ODS, assegurar o cumprimento das normas vigentes e, por conseguinte, garantir o acesso à água potável às comunidades rurais.

Referências

ALBUQUERQUE, G. R. Saneamento Básico: estruturas de financiamento aplicáveis ao setor de saneamento básico. **BNDES Setorial 34**, p. 45-94, 2011.

ARBOS, K. A.; ARAÚJO, I. M.; BORBA, L. O. F.; MELO, L. G. F. O.; SOARES, M. F. S. Qualidade microbiológica da água para consumo humano no loteamento nova esperança: litoral sul da Paraíba e sua importância para a saúde pública. **Revistas de Ciências da Saúde Nova Esperança**, v. 15, n. 2, p. 50-56, 2017.

BEZERRA, A. D. A.; NOGUEIRA, E. R.; ARAÚJO, F. G. D. M.; BRANDÃO, M. G. A.; CHAVES, B. E.; PANTOJA, L. D. M. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. **Acta Biomedica Brasiliensis**, v. 8, n. 1, p. 24-34, 2017.

BRANCO, S. M. Água: origem, uso e preservação. São Paulo, Moderna, 2001.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). “**Cada real gasto em saneamento economiza nove em saúde**”, disse ministro

da Saúde. 2017. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false#:~:text=%22Cada%20real%20investido%20em%20saneamento,Funasa%22%2C%20diss>. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de Saneamento.** 4 ed. FUNASA: Brasília, 2015.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual prático de análise de água.** FUNASA: Brasília, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Amapá, Piauí, Rondônia e Pará tinham menos de 30% dos seus domicílios urbanos conectados à rede de esgoto em 2022.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37179-amapa-piaui-rondonia-e-para-tinham-menos-de-30-dos-seus-domicilios-urbanos-conectados-a-rede-de-esgoto-em-2022>. Acesso em: 04 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art7>. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.** Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: 03 out. 2025.

COSTA, A.; MARTINS, A. L.; PALHARES, L. M. [Orgs.]. **IF Mundo: diálogos sobre pedagogia da simulação e cidadania global.** Porto Alegre: Editora Fi, 2019.

FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G.; KLIGERMAN, D. C. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 20-24, 2019. DOI: 10.1590/0103-11042019S302.

GARRIDO, J.; ROCHA, W.; GAMBRILL, M.; COLLET, H. **Estudo de modelos de gestão de serviços de abastecimento de água no meio**

rural no Brasil: Parte I: Relatório Principal. Brasília: Banco Mundial, 2016.

GUEDES, A. F.; TAVARES, L. N.; MARQUES, M. N. N.; MOURA, S. P.; SOUSA, M. N. A. Tratamento da água na prevenção de doenças de veiculação hídrica. **Journal of medicine and Health Promotion**, v. 2, n. 1, p. 452-467, 2017.

HAMDAN, O. H. C.; LIBÂNIO, M.; COSTA, V. A. F. Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1183-1194, 2019.

LAZAROTTO, D. V.; VOLPATTO, F.; GOLOMBIESKI, J. I.; HOSFTÄTTER, K.; BAUCHSPIESS, K.; SCHNEIDER, S. I.; TARONE, V. F. (2020). Análise da potabilidade da água em poços rasos no município de Caiçara no Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, 42, e86.

LOPES, D. V. S. **Avaliação do impacto ambiental e associação entre a exposição à água contaminada e o risco de desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica em uma reserva extrativista**. 2020. 108 f. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologias e Políticas Públicas, Centro Universitário Tiradentes, Maceió, 2020.

MACHADO, I. L. O.; GARRAFA, V. Proteção ao meio ambiente e às gerações futuras: desdobramentos e reflexões bioéticas. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 124, p. 263-274, 2020. DOI: 10.1590/0103-1104202012419.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2025.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química da água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

QUEIROZ, T. M.; OLIVEIRA, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018. DOI: 10.1590/S1413-41522018166375.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria RS/SES Nº 320 DE 24/04/2014.
Estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de

potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no RS. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=269539>>. Acesso em: 03 out. 2025.

ROVERI, V.; MUNIZ, C. C. CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA POR *ESCHERICHIA COLI*: estudo, preliminar, no canal de drenagem urbana da av. Lourival Verdeiro do Amaral – São Vicente/SP. **Revista Don Domênico**, Guarujá, n. 8, 2016.

SCHMIDT, C. G. **Desenvolvimento de filtros de carvão ativado para remoção do cloro da água potável**. 2011. 90 f. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SILVA, A. S. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita - PB e propostas de melhoria**. 2019. 102 f. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

SILVA, A. S. R. **Autogestão de sistemas rurais de abastecimento de água: estudo de caso na comunidade quilombola de Lagedo, São Francisco – MG**. 2016. 180 f. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

SOARES, T. C.; MORAIS, A. B.; SOARES, T. C.; OLIVEIRA, V. A.; MEDEIROS, S. R. A.; CARNEIRO, T. B. Perfil da água para o consumo humano e notificação de doenças em uma macrorregião do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 12, n. 2, p. 205 -215, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20180020>.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; PEÑA, F. P.; MADRID, L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP: Biblioteca/Unicamp, 2018.

XAVIER, M. V. S.; QUADROS, H. C.; SILVA, M. S. S. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25118>.

ZINI, L. B. **Contribuições de avaliação de risco para a regulamentação na qualidade da água para consumo humano no**

Brasil. 2021. 191 f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

Capítulo 4

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS E NA QUALIDADE DE VIDA NAS REGIÕES NOROESTE E MISSÕES DO RIO GRANDE DO SUL¹

LEONIR TEREZINHA UHDE²; LAÍZE MORAES INÁCIO³; MARIA APARECIDA ZASSO⁴

¹Pesquisa desenvolvida no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS), Curso de Agronomia e do Programa de Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), UNIJUÍ, Ijuí, RS.

² Professora, Dra., Professora de Agronomia e do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: uhde@unijui.edu.br

³Arquiteta paisagística, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: laize.inacio@unijui.edu.br

⁴ Professora, Mestra, Professora de Agronomia, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: floral@unijui.edu.br

Introdução

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas consolidaram-se como um dos maiores desafios da humanidade, impactando de forma direta os sistemas naturais e socioeconômicos em escala global. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), essas alterações, provocadas principalmente pelas emissões de gases de efeito estufa resultantes das atividades humanas, têm gerado aumento da temperatura média, modificação nos regimes de precipitação, elevação do nível do mar e intensificação da frequência de eventos extremos, como secas, inundações e ondas de calor. Esses fenômenos, entretanto, não se manifestam de maneira homogênea, pois suas consequências variam conforme as características geográficas, econômicas, sociais e ambientais de cada território. Nesse sentido, destaca-se a importância de compreender

como tais impactos se revelam em diferentes contextos regionais, como nas regiões Noroeste e Missões do Rio Grande do Sul, onde repercutem diretamente nos sistemas produtivos e na qualidade de vida da população.

No contexto brasileiro, particularmente na Região Sul, os efeitos das mudanças climáticas têm se tornado progressivamente perceptíveis. O Estado do Rio Grande do Sul vem enfrentando eventos extremos recorrentes, como estiagens prolongadas e chuvas intensas, que impactam de forma significativa tanto os sistemas produtivos agrícolas quanto a vida das populações urbanas e rurais. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024) indicam que, nos últimos anos, houve aumento na variabilidade climática no estado, comprometendo a estabilidade de culturas agrícolas estratégicas e a disponibilidade de recursos hídricos. Essas transformações repercutem diretamente na economia regional e trazem implicações relevantes para a segurança alimentar e para a qualidade de vida da população.

Dentro desse contexto, as regiões Noroeste e Missões do RS assumem especial relevância para análise. A região Noroeste, marcada pela predominância da agricultura familiar e da agroindústria, constitui um importante polo produtivo do estado, destacando-se pela produção de grãos como soja, milho e trigo. Já a região das Missões, historicamente associada às reduções jesuíticas guaranis e à forte identidade cultural, apresenta economia diversificada, com presença significativa de erva-mate, leite, pequenas agroindústrias e turismo cultural. Ambas as regiões são compostas majoritariamente por municípios de pequeno e médio porte, com economias dependentes do setor primário e uma expressiva população rural, o que as torna particularmente vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas (EMATER/RS, 2022).

A escolha dessas regiões como objeto de estudo se justifica pela sua relevância econômica e social no contexto gaúcho, aliada à crescente exposição aos impactos climáticos. A ocorrência de secas severas nos últimos anos — como as registradas em 2020 e 2022 — resultou em prejuízos bilionários à agricultura regional e comprometeu o abastecimento de água em diversos municípios (ANA, 2023). Além disso, a vulnerabilidade social de parte da população, somada à limitada capacidade de adaptação em áreas rurais, agrava os efeitos adversos do clima sobre a qualidade de vida e dificulta a promoção do desenvolvimento sustentável. Esses fatores reforçam a importância de analisar os desafios enfrentados pelas regiões Noroeste e Missões diante das mudanças climáticas.

Diante desse cenário, este capítulo tem por objetivo principal analisar os impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas produtivos e a qualidade de vida nas regiões Noroeste e Missões do Rio Grande do Sul. Busca-se compreender de que forma os fenômenos climáticos extremos têm afetado a agricultura, a pecuária, os recursos hídricos e as dinâmicas socioeconômicas locais, bem como identificar os principais desafios e estratégias de adaptação adotadas por comunidades, produtores e gestores públicos. Ao integrar dimensões ambientais, sociais e econômicas, pretende-se contribuir para a formulação de políticas e práticas mais sustentáveis e resilientes, alinhadas aos princípios de justiça climática e desenvolvimento territorial, que serão aprofundados nas seções seguintes.

Caracterização das Regiões Noroeste e Missões do Rio Grande do Sul

As regiões Noroeste e Missões localizam-se na porção noroeste do Rio Grande do Sul, integrando a Mesorregião Noroeste Rio-Grandense, conforme divisão do IBGE (2021). O Noroeste é caracterizado por relevo suavemente ondulado, situado entre os vales dos rios Uruguai e Jacuí, com solos férteis, sobretudo Latossolos e Argissolos, altamente favoráveis à agricultura (Streck et al., 2008). A vegetação original integra o bioma Mata Atlântica, marcada por formações de floresta estacional decidual, hoje bastante fragmentadas devido à intensa ocupação agrícola e à expansão das áreas de cultivo. Esse processo de transformação da paisagem reduziu a cobertura vegetal nativa e ampliou a vulnerabilidade ambiental, especialmente no que se refere à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Ao mesmo tempo, a fertilidade dos solos e a tradição agrícola consolidaram a região como um espaço de grande relevância produtiva, mas também suscetível às pressões decorrentes das mudanças climáticas.

A região das Missões, por sua vez, localiza-se a oeste do Noroeste, próxima à fronteira com a Argentina, e inclui municípios históricos como São Miguel das Missões, Santo Ângelo e São Luiz Gonzaga. Essa sub-região se destaca pela forte relevância histórica e cultural associada às reduções jesuíticas guaranis, reconhecidas como patrimônio da humanidade pela UNESCO, que conferem identidade singular ao território. Além desse valor simbólico, apresenta condições ambientais semelhantes ao Noroeste, com predomínio de solos basálticos férteis e elevada aptidão agrícola, o

que favorece a produção diversificada, abrangendo grãos, leite, erva-mate e pequenas agroindústrias. A combinação entre riqueza cultural e base produtiva consolidada reforça a importância estratégica das Missões no contexto gaúcho.

O clima das regiões Noroeste e Missões é classificado como subtropical úmido (Cfa, segundo a classificação de Köppen), caracterizado por verões quentes, invernos amenos e precipitação bem distribuída ao longo do ano. A temperatura média anual varia entre 18 °C e 20 °C, enquanto a precipitação média anual gira em torno de 1.800 mm (Alvares et al., 2013). Historicamente, essa regularidade climática favoreceu a consolidação de uma matriz agrícola diversificada e produtiva, permitindo o desenvolvimento de culturas e atividades pecuárias adaptadas às condições locais. Nas últimas décadas, entretanto, observa-se maior variabilidade nos padrões climáticos, com estiagens severas registradas em 2005, 2012, 2020 e 2022, alternadas com períodos de excesso de chuvas, o que comprometeu a produção agropecuária e a disponibilidade de recursos hídricos (INMET, 2024; ANA, 2023).

As regiões apresentam perfil demográfico majoritariamente rural, embora com crescente processo de urbanização. Segundo o IBGE (2022), muitos municípios possuem população inferior a 20 mil habitantes, com destaque para cidades-polo como Ijuí, Santo Ângelo e Santa Rosa. A população é majoritariamente de origem europeia, especialmente descendentes de alemães, italianos e poloneses, convivendo com comunidades indígenas Guarani e Kaingang, especialmente nas Missões. Economicamente, o território mantém forte dependência do setor agropecuário, alicerçado na agricultura familiar e no cooperativismo, sendo historicamente considerado um celeiro agrícola do estado. Embora os centros urbanos contem com serviços e comércio, o setor primário continua como principal motor econômico. Indicadores sociais apontam níveis razoáveis de escolaridade e acesso a serviços básicos, embora persistam desigualdades e vulnerabilidades em comunidades rurais e indígenas. Desafios como segurança hídrica, renda agrícola instável e baixa diversificação econômica evidenciam a necessidade de estratégias de adaptação frente às mudanças climáticas (EMATER/RS, 2022; DIEESE, 2023).

A agricultura constitui o principal setor econômico das regiões, com destaque para o cultivo de grãos como soja, milho e trigo, além de culturas permanentes, como erva-mate e fruticultura em áreas específicas.

A produção leiteira e a suinocultura também possuem significativa relevância, especialmente em propriedades familiares. A agroindústria desempenha papel importante, com cooperativas como a COTRIPAL atuando nos setores de grãos, laticínios, carnes e sementes, e destacando-se também por iniciativas socioambientais. Historicamente, outras cooperativas, como a COTRIJUÍ, contribuíram para o desenvolvimento regional, embora atualmente estejam em processo de liquidação. Apesar da produtividade elevada, os sistemas produtivos permanecem fortemente dependentes das condições climáticas, e eventos extremos têm causado prejuízos substanciais, sobretudo em culturas sensíveis à irregularidade hídrica (SEAPDR, 2023).

A região das Missões possui um dos mais relevantes patrimônios históricos e culturais do Brasil e da América do Sul. Entre os séculos XVII e XVIII, as reduções jesuíticas guaranis estabeleceram assentamentos religiosos, educativos e produtivos, integrando indígenas e missionários da Companhia de Jesus em um processo singular de evangelização e organização socioeconômica. O Sítio Arqueológico de São Miguel Arcanjo, em São Miguel das Missões, é Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO desde 1983 e representa um marco da presença jesuítica na região, influenciando o turismo, a educação e a valorização cultural regional (UNESCO, 1983; Fonseca, 2007). Além do valor patrimonial, existe uma forte dimensão simbólica e de pertencimento associada ao legado das Missões, que reforça a coesão social e a valorização das tradições locais, como festividades, música, artesanato e religiosidade. Essa articulação entre cultura, identidade e desenvolvimento sustentável constitui uma oportunidade estratégica para promover o turismo cultural, fortalecer a economia regional e aumentar a resiliência das comunidades frente aos desafios contemporâneos, incluindo os impactos das mudanças climáticas.

Mudanças climáticas: histórico, evidências e projeções para o RS

A região Sul do Brasil, incluindo o Rio Grande do Sul, tem registrado intensificação de eventos climáticos extremos nas últimas décadas. Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam que a precipitação média anual na região cresceu entre 10 % e 30 % nos períodos de 1991–2000, 2001–2010 e 2011–2020, alcançando cerca de 1.660 mm/ano, acima da média histórica de 1.500 mm. Em relação

a eventos extremos, um estudo da World Weather Attribution (WWA) concluiu que as intensas chuvas que provocaram inundações históricas no RS entre 26 de abril e 5 de maio de 2024 eram originalmente raras, com ocorrência estimada de uma vez a cada 100 a 250 anos. No entanto, o aquecimento global dobrou essa probabilidade e aumentou a intensidade das precipitações em 6 % a 9 %. Tais alterações climáticas representam riscos significativos para a infraestrutura urbana, a disponibilidade de recursos hídricos e a produção agrícola, evidenciando a vulnerabilidade da região e a necessidade de estratégias de adaptação.

Um estudo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com dados entre 1950 e 2009, indica tendência de aumento das temperaturas mínimas, máximas e médias em todas as estações, com exceção das máximas no verão, sendo o aquecimento mais acentuado na primavera. Entre 1991 e 2022, o RS enfrentou 3.030 desastres hidrológicos, resultando em 650 mil desabrigados/desalojados e prejuízos estimados em R\$ 2,58 bilhões, segundo o Atlas Digital de Desastres. As enchentes de abril e maio de 2024 foram consideradas a maior catástrofe climática da história do estado, com chuvas de 500 a 700 mm em poucos dias, impactando mais de 60 % do território, causando 183 mortes e afetando 2,4 milhões de pessoas. O período 2021–2023 também foi marcado por estiagens severas e quebras de safra consecutivas, seguidas por chuvas extremas associadas ao El Niño. Climatologistas da UFRGS, incluindo Francisco Aquino, alertam que a alternância entre seca, excesso de chuva e ondas de calor tem se tornado mais intensa e frequente, evidenciando a intensificação dos efeitos das mudanças climáticas no estado.

Segundo o IPCC, a região Sudeste da América do Sul — que inclui o Rio Grande do Sul — já apresenta sinais de influência das mudanças climáticas nas fortes precipitações. Os modelos climáticos indicam que tais eventos extremos podem se tornar mais frequentes e intensos nas próximas décadas, embora o grau de confiança seja classificado como “baixo”, devido a limitações metodológicas. As projeções globais do IPCC apontam aumento de temperatura entre 1,5 °C e 5,5 °C até o final do século XXI, com impactos diretos na ocorrência de enxurradas, deslizamentos e irregularidades no regime hídrico. Nas regiões Noroeste e Missões, essas alterações podem comprometer a produtividade agrícola, a disponibilidade de água e a estabilidade econômica das comunidades rurais, além de afetar a qualidade de vida da população local. Tais cenários reforçam a urgência de medidas de adaptação e planejamento territorial voltadas para a resiliência frente às mudanças climáticas.

Impactos das mudanças climáticas nos sistemas produtivos

As mudanças climáticas vêm afetando profundamente os sistemas produtivos das regiões Noroeste e Missões do Rio Grande do Sul, comprometendo a estabilidade econômica de municípios altamente dependentes da agropecuária. A intensificação de eventos extremos, como estiagens prolongadas, chuvas intensas, granizo e oscilações bruscas de temperatura, tem causado prejuízos recorrentes à produção agrícola e pecuária, afetando culturas como soja, milho, trigo, erva-mate e fruticultura, bem como a produção leiteira e suinocultura familiar. Esses impactos comprometem a renda das famílias, a segurança alimentar e a sustentabilidade econômica local. Além disso, a frequência crescente de eventos extremos evidencia a necessidade de adoção de práticas agrícolas resilientes, manejo adaptativo e políticas públicas voltadas à mitigação dos riscos, fortalecendo a capacidade das comunidades de enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

A agricultura é o principal pilar econômico das regiões em análise, com destaque para soja, milho, trigo, além de culturas permanentes como erva-mate, feijão e hortifrutigranjeiros em menor escala. No entanto, a forte dependência do clima evidencia a vulnerabilidade estrutural do setor diante das alterações climáticas. Entre 2020 e 2023, estiagens sucessivas, associadas a fenômenos como La Niña, provocaram perdas significativas nas safras; em 2022, por exemplo, a produção de milho no Noroeste caiu até 60%, comprometendo também a soja e o feijão (EMATER/RS, 2022). Já em 2024, o excesso de chuvas gerou inundações, erosão do solo e dificuldades logísticas para colheita e escoamento da produção (SEAPDR, 2024). Segundo Schneider et al. (2016), a agricultura familiar, predominante na região, é particularmente afetada pela limitação de recursos para investimentos em tecnologias adaptativas, como irrigação, estufas ou armazenamento hídrico, e a ausência de infraestrutura de resiliência climática agrava ainda mais a instabilidade do setor.

A produção de leite e carne também sofre impactos diretos das mudanças climáticas. O estresse térmico em bovinos, causado por ondas de calor mais frequentes, reduz a produtividade leiteira e aumenta a ocorrência de doenças respiratórias e metabólicas (SANTOS et al., 2020). Além disso, a irregularidade das chuvas compromete a produção de pastagens e silagem, elevando custos de alimentação e diminuindo a rentabilidade das propriedades. A estiagem de 2022, por exemplo, provocou escassez de água para desidratação animal e perda de mais de 30% das forragens de

verão em diversas microrregiões das Missões (EMATER/RS, 2022). Como consequência, muitos produtores tiveram que vender parte do rebanho ou contrair dívidas para manter a atividade. Esses impactos reforçam a necessidade de adoção de estratégias de manejo resiliente, irrigação eficiente e práticas de alimentação suplementar para reduzir a vulnerabilidade da pecuária frente às mudanças climáticas.

As agroindústrias locais, muitas vinculadas a cooperativas, também enfrentam impactos significativos das mudanças climáticas. A descontinuidade no fornecimento de matéria-prima, causada por quebras de safra ou instabilidade na produção leiteira, compromete o funcionamento de laticínios, unidades de processamento de grãos e frigoríficos. A dependência da sazonalidade climática afeta planejamento e logística, podendo levar à interrupção de contratos, aumento de preços ou desabastecimento regional (DIEESE, 2023). Esses efeitos não prejudicam apenas a economia produtiva, mas também o abastecimento de mercados locais e a geração de empregos, evidenciando a necessidade de estratégias de adaptação, diversificação de fornecedores e fortalecimento da resiliência das cadeias produtivas frente aos eventos climáticos extremos.

Recursos hídricos: crise de abastecimento e conflitos de uso

A gestão da água tornou-se um desafio estratégico devido às mudanças climáticas. Estiagens prolongadas reduzem significativamente os níveis de aquíferos e reservatórios, afetando tanto o abastecimento humano quanto a irrigação agrícola. Entre 2020 e 2023, diversos municípios da região decretaram situação de emergência por desabastecimento, sendo necessária a distribuição de água por caminhões-pipa (ANA, 2023). A competição entre usos urbanos, agrícolas e industriais tem gerado conflitos, especialmente em períodos críticos, evidenciando a necessidade de aprimoramento da governança hídrica local. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2023), a vulnerabilidade hídrica no Noroeste e nas Missões tende a se agravar nos próximos anos, diante das projeções de aumento da variabilidade pluviométrica, reforçando a urgência de políticas de gestão integrada e estratégias de adaptação para assegurar a disponibilidade e o uso sustentável da água.

As consequências das mudanças climáticas para os sistemas produtivos das regiões Noroeste e Missões vão além das perdas econômicas imediatas, revelando a fragilidade de modelos de produção pouco

diversificados e altamente dependentes de condições climáticas regulares. A adoção de práticas sustentáveis — como diversificação de culturas, transição para sistemas agroecológicos, manejo conservacionista do solo e da água, integração de cultivos perenes e fortalecimento de políticas públicas — torna-se essencial para reduzir a vulnerabilidade das comunidades rurais. Como destacam Altieri et al. (2015), a construção de sistemas produtivos resilientes exige o envolvimento de agricultores, pesquisadores, técnicos e formuladores de políticas em processos participativos e territorialmente adaptados, capazes de integrar saberes tradicionais, conhecimento local e inovações tecnológicas. Essas ações permitem não apenas maior estabilidade produtiva, mas também fortalecimento da resiliência socioeconômica e ambiental frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Impactos das mudanças climáticas na qualidade de vida

As mudanças climáticas têm impactos que extrapolam a economia e a produção, afetando diretamente a qualidade de vida das populações locais, especialmente em territórios vulneráveis como as regiões Noroeste e Missões do Rio Grande do Sul. A intensificação de eventos extremos — estiagens severas, enchentes, tempestades de granizo e ondas de calor — compromete fatores essenciais como acesso à água potável, segurança alimentar, saúde pública, habitação adequada e bem-estar socioemocional das comunidades. Estiagens prolongadas reduzem o abastecimento de água e afetam a produção de alimentos, enquanto enchentes e granizos danificam residências e infraestrutura urbana e rural. Ondas de calor aumentam riscos de doenças respiratórias e cardiovasculares, especialmente entre idosos e crianças. Esses impactos evidenciam a vulnerabilidade social e a necessidade de políticas públicas, planejamento territorial e ações comunitárias voltadas para aumentar a resiliência das populações frente às mudanças climáticas.

As mudanças no regime climático têm contribuído para o aumento de enfermidades de veiculação hídrica, como gastroenterites e leptospirose; respiratórias, como bronquites e alergias associadas à poeira ou mofo em ambientes alagados; e de origem vetorial, como a dengue, cujos casos têm se elevado devido às alterações de temperatura e umidade (Ministério da Saúde, 2023). Durante períodos de estiagem prolongada, o acúmulo de poeira e o uso de fontes alternativas de água de qualidade inferior agravam problemas de saúde, especialmente entre crianças e idosos. Nos eventos de enchentes, como os ocorridos em 2024, muitos municípios enfrentaram

colapsos na infraestrutura hospitalar e nos serviços de atendimento básico (ANA, 2023), evidenciando a insuficiência de políticas públicas de adaptação.

A escassez de água é uma das consequências mais visíveis das mudanças climáticas na região. Durante as estiagens de 2020, 2021 e 2022, diversas comunidades urbanas e rurais do Noroeste e das Missões enfrentaram racionamento, interrupção do abastecimento e, em casos mais graves, dependência de caminhões-pipa para atendimento emergencial (EMATER/RS, 2022). A redução dos níveis de mananciais compromete não apenas o consumo humano, mas também o funcionamento de escolas, unidades de saúde e a produção agrícola de subsistência. Além disso, o saneamento básico sofre impactos diretos em eventos extremos; alagamentos provocam rompimento de redes de esgoto, contaminação de águas superficiais e proliferação de vetores, resultando em graves consequências sanitárias, especialmente em áreas de vulnerabilidade social (SEMA-RS, 2023). Esses fatores evidenciam a necessidade de planejamento integrado e de estratégias de gestão hídrica e de saneamento adaptadas às mudanças climáticas, para proteger a saúde e a qualidade de vida das comunidades locais.

Vulnerabilidade social e desigualdades

Os efeitos das mudanças climáticas são sentidos de maneira desigual entre os diferentes grupos sociais. Agricultores familiares, comunidades indígenas, idosos e famílias em situação de pobreza ou residentes em áreas de risco são os mais impactados, sofrendo desde perdas de safra e escassez de água até danos em habitações precárias e interrupção de serviços essenciais (IPEA, 2022). Muitas vezes, essas populações não dispõem de recursos financeiros, acesso à informação ou suporte institucional adequado para implementar medidas de prevenção ou adaptação. A desigualdade territorial também se manifesta na capacidade de resposta dos municípios: enquanto cidades-polo como Santo Ângelo e Santa Rosa contam com alguma estrutura de Defesa Civil e redes de apoio, pequenos municípios enfrentam sérias limitações logísticas e financeiras para lidar com desastres (CEMADEN, 2023). Fatores como esses, evidenciam que a vulnerabilidade social intensifica os impactos das mudanças climáticas.

Além dos danos físicos, as mudanças climáticas geram perdas subjetivas, simbólicas e emocionais. Enchentes, tempestades e outros

eventos extremos afetam não apenas residências e bens materiais, mas também memórias familiares, tradições e relações comunitárias, elementos fundamentais na construção da identidade social. Nas Missões, onde o patrimônio histórico e cultural é central para a identidade regional, os impactos climáticos sobre bens tangíveis, como igrejas, edificações históricas e sítios arqueológicos, e intangíveis, como festas religiosas, rituais comunitários e práticas culturais tradicionais, representam ameaça direta ao modo de vida local. Como destaca Fonseca (2007), a preservação do patrimônio em contextos de crise climática requer políticas integradas entre cultura, urbanismo e meio ambiente, capazes de proteger a memória coletiva, fortalecer a coesão social e assegurar a continuidade das tradições frente aos desafios climáticos.

A instabilidade climática recorrente também impacta a saúde mental das populações. Estudos recentes apontam aumento de sintomas de ansiedade, depressão, medo e sensação de impotência diante da imprevisibilidade climática (Albrecht et al., 2007). Agricultores que enfrentam sucessivas quebras de safra, famílias que perdem suas casas em enchentes ou comunidades sujeitas a eventos extremos constantes experimentam crescente ecoansiedade e desgaste psicológico. A percepção coletiva de risco ampliou-se nas regiões Noroeste e Missões, especialmente após os eventos de 2024, alterando o imaginário regional sobre o clima, antes considerado regular e previsível. Esse novo cenário evidencia a importância de investimentos em educação ambiental crítica, apoio psicossocial e políticas de adaptação socialmente justas, voltadas à construção de resiliência comunitária e à promoção do bem-estar psicológico diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas (Loureiro, 2022).

Considerações finais

As evidências apresentadas ao longo deste capítulo demonstram que as mudanças climáticas deixaram de ser uma ameaça futura e constituem uma realidade presente, impactando de forma concreta, contínua e multidimensional os sistemas produtivos e a qualidade de vida nas regiões Noroeste e Missões do Rio Grande do Sul. O aumento na frequência e intensidade de eventos extremos — como estiagens prolongadas, enchentes devastadoras, granizos e variações bruscas de temperatura — compromete a segurança hídrica, a produção agrícola e pecuária, a saúde pública, o patrimônio cultural e o bem-estar físico e psicológico das populações locais.

A análise dos impactos evidencia a vulnerabilidade estrutural das comunidades e dos modelos produtivos, resultado de fatores históricos como dependência de monoculturas, fragilidade da infraestrutura rural, desigualdade socioeconômica e limitada capacidade institucional de resposta a desastres. As populações mais afetadas são aquelas em situação de maior fragilidade social — agricultores familiares, povos indígenas, mulheres rurais e idosos — para as quais os efeitos climáticos representam não apenas perdas materiais, mas ameaças existenciais. Esses fatores reforçam a urgência de estratégias de adaptação territorialmente específicas, integrando políticas públicas, práticas produtivas resilientes, educação ambiental e participação comunitária para fortalecer a capacidade de enfrentamento e reduzir os riscos socioambientais.

Frente a esse cenário, torna-se imprescindível o fortalecimento de políticas públicas integradas e territorializadas, que articulem ações de mitigação, adaptação e justiça climática. Entre as medidas estratégicas destacam-se: i) investimentos em infraestrutura hídrica e de saneamento, garantindo acesso equitativo à água em contextos de escassez ou enchentes; ii) apoio técnico e financeiro à transição agroecológica, incentivando diversificação produtiva, manejo sustentável do solo e da água, e valorização dos saberes locais; iii) ampliação das redes de proteção social e saúde pública, incluindo atendimento a transtornos decorrentes do estresse climático; iv) educação ambiental e climática em todos os níveis, promovendo cultura de prevenção e resiliência; e v) preservação do patrimônio histórico e cultural das Missões, ameaçado por eventos extremos, como parte das estratégias de desenvolvimento sustentável regional.

É fundamental reconhecer que enfrentar os impactos das mudanças climáticas demanda mais do que soluções técnicas: exige transformação nos paradigmas de desenvolvimento e de relação com a natureza, pautada na equidade, na solidariedade territorial e na sustentabilidade. Como destacam Altieri et al. (2015), a construção de resiliência só é possível se socialmente justa e ecologicamente enraizada, envolvendo agricultores, comunidades, pesquisadores e gestores em processos participativos e adaptados ao contexto local.

Assim, as regiões Noroeste e Missões, com sua diversidade social, cultural e ambiental, podem se tornar laboratórios de inovação territorial, capazes de conjugar tradição e modernidade na busca por caminhos sustentáveis diante da crise climática. Para isso, é necessário compromisso político, mobilização social e apoio científico contínuo, atuando de forma

colaborativa e integrada, promovendo estratégias que protejam vidas, meios de subsistência e o patrimônio cultural regional.

Referências

- ALBRECHT, G. et al. Solastalgia: the distress caused by environmental change. **Australasian Psychiatry**, v. 15, supl. 1, p. S95–S98, 2007.
- ALTIERI, M. A. et al. **Agroecologia e resiliência climática: fundamentos teóricos e experiências na América Latina**. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2015.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – 2023**. Brasília: ANA, 2023.
- CEMADEN – CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Boletins e análises de risco climático e vulnerabilidade social. 2023**. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br>. Acesso em: 1 set. 2025.
- DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Perfil regional do mercado de trabalho no RS**. Porto Alegre: DIEESE, 2023.
- DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Panorama do setor agroindustrial nas regiões Noroeste e Missões**. Porto Alegre: DIEESE, 2023.
- EMATER/RS-ASCAR. **Diagnóstico socioeconômico e ambiental das regiões Noroeste e Missões**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2022.
- EMATER/RS-ASCAR. **Perfil socioeconômico e ambiental das regiões Noroeste e Missões do RS**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2022.
- EMATER/RS-ASCAR. **Relatório técnico sobre os impactos da estiagem 2021–2022 no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2022.
- FONSECA, M. C. **Patrimônio cultural: conceitos, políticas e instrumentos**. Brasília: IPHAN, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e intermediárias.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022 – Resultados Preliminares.** 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 1 set. 2025.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Boletins climáticos regionais.** 2024. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 1 set. 2025.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Boletim anual de clima do Sul do Brasil.** 2024. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 1 set. 2025.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros.** Brasília: IPEA, 2022.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Sixth Assessment Report – Climate Change 2023: Synthesis Report.** Geneva: IPCC, 2023.

LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental e mudanças climáticas: desafios da formação cidadã frente às incertezas.** São Paulo: Cortez Editora, 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim epidemiológico especial – Impactos climáticos e saúde pública no Brasil.** Brasília: MS, 2023.

SANTOS, A. P. dos et al. Estresse térmico em bovinos de leite: impactos produtivos e estratégias de mitigação. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 1–14, 2020.

SCHNEIDER, S. et al. A organização econômica da agricultura familiar no Brasil: condicionantes históricos e estratégias socioprodutivas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 3, p. 349–366, 2016.

SCHNEIDER, S. et al. Estratégias de reprodução social da agricultura familiar e mudanças climáticas: desafios e possibilidades. **Revista Nera**, n. 36, p. 6–27, 2016.

SEAPDR – SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO RURAL DO RS. **Boletim de perdas agropecuárias por eventos climáticos.** Porto Alegre: Governo do RS, 2024.

SEAPDR – SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO RURAL DO RS. **Relatório de perdas agropecuárias causadas por eventos climáticos.** Porto Alegre: Governo do RS, 2023.

SEMA-RS – SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. **Relatório de riscos e impactos ambientais decorrentes das enchentes.** Porto Alegre: Governo do RS, 2023.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008.

UNESCO. **Patrimônio Cultural da Humanidade – Ruínas de São Miguel das Missões.** 1983. Disponível em: <https://whc.unesco.org>. Acesso em: 1 set. 2025.

Capítulo 5

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA PROVENIENTE DO SISTEMA DE TRANSPORTE INTERURBANO DO SENEGAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA¹

AMADOU DIOUF²; ROBERTO CARBONERA³; MASSE FAYE⁴; AISSATOU DIOUF⁵

¹Pesquisa realizada no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS); Linha de Pesquisa em Meio Ambiente e Sustentabilidade do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí, RS.

² Mestre em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade pelo PPGAS, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: amadou.diouf@sou.unijui.edu.br;

³ Professor, Doutor, Agronomia e Mestrado em Sistemas Ambientais, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br;

⁴ Professor, Doutor, Mestrado em Gestão de Logística e Transporte, Institut Supérieur de Commerce e Management (MLT/ISCOM), Dakar, Senegal. E-mail: massefaye88@gmail.com;

⁵ Eng^a. Agr^a., Mestranda em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade pela UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: aissatou.diouf@sou.unijui.edu.br

Introdução

O transporte é uma temática evidenciada como destaque no desenvolvimento econômico, ambiental e social. No entanto, os atuais padrões de transporte, fundamentados, essencialmente, em veículos movidos a combustíveis fósseis, geram diversos impactos ao meio ambiente e à sociedade. Desta forma, não se enquadram ao desenvolvimento sustentável (Guzman; Arellana; Alvarez, 2020).

O investimento e o planejamento em transporte requerem, portanto, modificações de paradigmas, para estimular a acessibilidade ao invés da mobilidade, focando em tipos de transportes eficazes e promovendo veículos e uso de combustíveis limpos e com baixo carbono. Este “novo

paradigma” pode ser evidenciado, por meio, de ações fundamentais como investir na gestão de operações de transporte, tecnologias e mudanças na logística do transporte de pessoas de forma eficiente (Silva; Teles, 2020; Oviedo; Guzman, 2020).

O transporte interurbano, difere-se do urbano, principalmente, pela sua função. Segundo Crozet (2009), o transporte interurbano possui como indutor as viagens para lazer, as viagens de negócios, e de forma mais generalizada, as viagens discricionárias, ou seja, viagens não essenciais. Adicionalmente, verifica-se que o componente “urbano” do termo em questão, remete ao que é relativo ou pertencente à cidade. Logo, de Inter + Urbano, comprehende-se o transporte entre cidades. Cidades, em seu conceito mais puro, senão original, do latim: *civitas, ātis* - ‘cidade, reunião de cidadãos’, e não municípios.

O transporte interurbano constitui uma das bases estruturantes da integração territorial e do desenvolvimento socioeconômico no Senegal, especialmente em um contexto marcado por desigualdades regionais e por uma urbanização acelerada. Ao assegurar a mobilidade de pessoas e mercadorias entre cidades e regiões, esse sistema contribui diretamente para a coesão nacional, o dinamismo dos mercados locais e o acesso a serviços essenciais como saúde e educação. Contudo, o modelo atual de transporte interurbano no país tem gerado impactos ambientais significativos, colocando em risco tanto a saúde das populações quanto a sustentabilidade dos ecossistemas (Fall; Diop; Ndong, 2021).

A frota do veículo está crescendo rapidamente, com uma proliferação de veículos importados, a maioria dos quais é usada. A alta concentração de veículo é acompanhada pelo congestionamento frequente das vias de tráfego, e pela redução de velocidade de tráfego, fatores que exacerbam as emissões de poluentes. A infraestrutura inadequada também é um fator (Dieme, 2011).

Teixeira et al (2008) afirma que as emissões causadas por veículos automotores carregam uma grande variedade de substâncias tóxicas, as quais quando em contato com o sistema respiratório, podem ter os mais diversos efeitos negativos sobre a saúde. Essas emissões, devido ao processo de combustão e queima incompleta do combustível, são compostas de gases como: óxidos de carbono (CO e CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), dentre os quais estão alguns considerados cancerígenos, óxidos de enxofre (SO_x), partículas inaláveis (MP10), entre outras substâncias. A poluição do ar e o uso de automóveis apresentam

uma relação direta. Desta forma, a redução do uso veículos motorizados pode ser um benefício para toda a sociedade (Silva, Saldiva, Lourenço, Silva & Miraglia, 2012; Demirel, 2006).

Em 2015, por ocasião da adoção do Acordo de Paris, o Governo do Senegal, à semelhança de outros países do Sul Global, apresentou a sua Contribuição Nacionalmente Prevista Determinada (CPDN), documento preliminar que expressava os compromissos nacionais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Posteriormente, o país concluiu o processo de elaboração da sua Contribuição Nacionalmente Determinada (CND), reforçando os compromissos assumidos no âmbito do acordo. No quadro desta estratégia, o Senegal estabeleceu metas específicas de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), com foco em setores prioritários como energia, agricultura, indústria e gestão de resíduos (República do Senegal, 2015; UNFCCC, 2016).

A assinatura do Acordo de Paris, em 2015, marcou um consenso global sobre a gravidade dos riscos associados às mudanças climáticas e a necessidade de esforços coordenados para mitigá-los. Nesse mesmo ano, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como parte da Agenda 2030. Dentre esses objetivos, sete apresentam relação direta com o transporte sustentável, ODS 3: Saúde e Bem-Estar, ODS 7: Energia Acessível e Limpa, ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico, ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura, ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis, ODS 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima (CCNUCC, 2016).

O Acordo de Paris concentra-se na necessidade de garantir que o aumento da temperatura fique abaixo de 2°C, um objetivo para o qual o transporte de baixo carbono desempenha um papel crucial (Osorio *et al.*, 2020).

Em dezembro de 2018, os participantes da 24^a reunião da Conferência das Partes (COP24) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima trabalharam para destacar medidas concretas que as partes podem adotar para mitigar as emissões de carbono. O roteiro produzido na ocasião define os padrões de contabilização das emissões, mas as CND existentes não foram revisadas. Os objetivos de emissão nele definidos permanecem, portanto, insuficientes. A óbvia falta de medidas de mitigação precisas e diretamente aplicáveis aos transportes que caracteriza os CND é uma das principais causas da incerteza em torno

da concretização dos objetivos climáticos, sabendo-se que os transportes foram, em 2016, responsáveis por um quarto das emissões de CO₂ relacionadas com a energia (AIE, 2018.).

A descarbonização do transporte exigirá esforço e coordenação sem precedentes. O setor é fortemente dependente de combustíveis fósseis, que representam mais de 92% do seu consumo de energia (AIE, 2017).

O petróleo continua sendo a principal fonte de emissões nos países da OCDE: em 2016, 41% das emissões de CO₂, ou 4,1 bilhões de toneladas, foram atribuídas a ele. O consumo final de energia nesses países aumentou em 35 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). No setor de transportes, esse aumento chegou a 19 Mtep e foi observado em todas as regiões (AIE, 2018).

Em 2016, o transporte foi responsável por 30% das emissões de CO₂ nos países membros da OCDE e 16% nos países não membros. Ao contrário de outros setores, o setor dos transportes tem visto as suas emissões continuarem a aumentar nos últimos anos em países membros e não membros da OCDE, apesar dos avanços tecnológicos alcançados e das medidas de mitigação implementadas (AIE, 2018).

Diante desses desafios, a adoção de medidas para o transporte sustentável torna-se urgente. Este estudo, alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especificamente, os seguintes ODS: ODS 3: Saúde e Bem-Estar (Reduzir a poluição do ar e acidentes de trânsito, melhorando a qualidade do ar e a segurança nas vias). ODS 7: Energia Acessível e Limpa (Promover o acesso a fontes de energia modernas, sustentáveis e eficientes, incluindo para o setor de transportes). ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico (Fomentar o desenvolvimento econômico sustentável com infraestruturas de transporte que gerem empregos e cresçam de forma inclusiva). ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura (Desenvolver infraestrutura resiliente e promover a industrialização sustentável, incluindo sistemas de transporte eficientes). ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis (Tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis, com sistemas de transporte público acessíveis e sustentáveis). ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis (Promover padrões sustentáveis de consumo e produção, incluindo a eficiência energética e gestão sustentável do transporte). e, por fim, ODS 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima (Adotar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos, incluindo a redução das emissões no setor de transportes).

Devido à representatividade do tema avaliação dos impactos da poluição atmosférica proveniente do sistema de transporte interurbano do Senegal, este estudo teve como objetivo avaliar os impactos ambientais causados pelo sistema de transporte interurbano no Senegal, identificando desafios e propor soluções sustentáveis que contribuam para a mitigação desses efeitos negativos. Utilizou-se uma revisão sistemática da literatura e da análise de políticas públicas relacionadas ao setor de transporte no contexto senegalês. Este enfoque metodológico visou não apenas mapear a produção científica sobre o tema, mas, também, fornece uma descrição condizente com as demandas ambientais, sociais e econômicas.

Frente a isto, a presente pesquisa consistiu em avaliar os impactos da poluição atmosférica causado pelo sistema de transporte interurbano no Senegal, identificando desafios e propor soluções sustentáveis que contribuam para a mitigação desses efeitos negativos. Para a realização desta revisão sistemática e construção do portfólio de pesquisa as seguintes etapas foram realizadas, conforme Quadro 01.

Foram utilizadas fontes secundárias, como artigos científicos, livros, relatórios institucionais, dissertações, teses e documentos oficiais. Os dados foram coletados em bases acadêmicas como Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (Scielo), Portal de Periódicos da CAPES e a Biblioteca Numérica da Universidade Cheikh Anta Diop (BNUCAD), no Senegal.

Os principais descritores usados na busca foram: “transporte interurbano”, “poluição atmosférica”, “ambientais” e “transporte”, “impactos ambientais”, “Senegal”. Foram incluídas publicações dos anos de 2015 a 2025, nos idiomas francês, inglês e português, desde que estivessem diretamente relacionadas ao tema da pesquisa.

O número de publicações selecionadas e excluídas e a distribuição de trabalhos, encontram-se nos Quadros 01 e 02. Foram lidas 61 bibliografias, entre artigos, dissertações, teses e relatórios técnicos.

Quadro 01 – Número de publicações selecionadas e excluídas que compuseram a revisão.

Descrição	BNUCAD	CAPES	Google acadêmico	SciELO	Total
<i>Amostra Inicial</i>	40	918	173	21	1152
<i>Trabalhos excluídos por não serem do período 2015-2025</i>	21	747	92	14	874
<i>Trabalhos excluídos por não se referirem ao objeto do estudo</i>	-	138	67	4	209
<i>Trabalhos Repetidos</i>	-	04	02	01	07
<i>Trabalhos inacessíveis</i>	-	-	01	-	01
<i>Amostra final</i>	19	29	11	2	61

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Quadro 02 - Distribuição dos trabalhos por tipo de documento.

Documento	Quantidade	Percentual (%)
Artigos	40	65,57%
Tese	6	9,84%
Dissertação	14	22,95%
Relatório	1	1,64%
Total	61	100%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Contextualização

A urbanização vertiginosa observada mundialmente ocasionou um considerável crescimento no consumo de energia e de emissões de poluentes decorrentes da queima de combustíveis fósseis por indústrias e automóveis no período pós-revolução industrial (Arbex *et al.*, 2012; Mario, 2012). Estima-se que atualmente cerca de 50% da população mundial resida em cidades e aglomerados urbanos podendo estar sujeitas a níveis crescentes de poluentes do ar (Machín, 2017).

No Senegal, a intensificação da demanda por transporte interurbano é impulsionada por diversos fatores, como o crescimento demográfico,

a expansão acelerada do setor informal e o aumento das atividades econômicas nas regiões. A isso, soma-se a crescente concentração de veículos, especialmente nas áreas urbanas e periurbanas. Essa combinação tem provocado impactos ambientais significativos, afetando a qualidade do ar, contribuindo para a poluição sonora e comprometendo o equilíbrio ecológico dos territórios interurbanos.

A maioria dos veículos utilizados é antiga, poluente e mal conservada, o que contribui para a emissão de gases tóxicos como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o dióxido de carbono (CO₂) e partículas finas. Esses poluentes pioram a qualidade do ar e provocam doenças respiratórias e cardiovasculares, principalmente em crianças, idosos e pessoas que vivem próximas às rodovias.

O transporte interurbano no Senegal é amplamente dominado por ônibus muito antigos e veículos tradicionais, como os conhecidos “Ndiaga Ndiaye” (pequenos ônibus), os “7 places” (veículos com capacidade para sete passageiros) e os “Car Rapide” (mini autocarros coloridos). Esses meios de transporte são amplamente utilizados pelas populações para deslocamentos entre cidades, devido à sua disponibilidade e baixo custo.

No Senegal, o setor de transportes consome cerca de 33% do total de energia consumida no país, ficando atrás apenas do setor residencial (Tchanche, 2018a). O transporte rodoviário consome quase toda a energia do setor, ou seja, 95%, dividida entre diesel (80%) e gasolina (20%) (Tchanche e Diaw, 2017).

Diante dessa conjuntura, tornou-se essencial analisar os impactos ambientais associados ao sistema de transporte interurbano no Senegal e refletir sobre possíveis soluções.

O objetivo geral do presente estudo consistiu em analisar os impactos socioambientais da poluição atmosférica associada ao sistema de transporte interurbano no Senegal, considerando a predominância de veículos obsoletos e seus efeitos sobre a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Já os objetivos específicos foram:

- Identificar e avaliar os principais impactos ambientais da poluição do ar decorrente do transporte interurbano no Senegal, destacando suas repercussões econômicas, sociais e ecológicas.

- Examinar as causas estruturais que contribuem para os impactos ambientais, com ênfase na predominância de veículos antigos e tecnologicamente obsoletos utilizados no transporte interurbano.
- Investigar as consequências sociais e sanitárias da poluição atmosférica sobre a saúde da população, sobretudo no que diz respeito ao sistema respiratório.
- Relatar alternativas sustentáveis de mobilidade e logística que conciliem desenvolvimento econômico, bem-estar social e preservação ambiental, considerando as demandas e pressões dos stakeholders (todas as partes interessadas).

Acredita-se que o sistema de transporte interurbano no Senegal, embora essencial para o desenvolvimento socioeconômico e integração territorial, contribui significativamente para impactos ambientais negativos, os quais podem ser mitigados por meio da modernização da frota, adoção de políticas públicas integradas e promoção de práticas sustentáveis de mobilidade.

Desenvolvimento sustentável e o transporte interurbano

O desenvolvimento sustentável foi definido de várias maneiras, mas a definição frequentemente citada é a conhecida pelo Relatório Brundtland: “é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (Elkington, 1994, p.91).

O fato de o conceito ter sido criado há mais de 30 anos, e ainda ser amplamente discutido e debatido, demonstra a sua representatividade. O conceito de desenvolvimento sustentável refere-se a uma nação que precisa equilibrar a necessidade de progresso social e crescimento econômico com preservação e aprimoramento do ambiente natural (Mercier; Duarte; Dominguez; Carrier, 2015).

O desenvolvimento sustentável contribui no entendimento de como os problemas sociais, econômicos e ambientais estão conectados. Por meio do desenvolvimento sustentável é possível reconhecer as atitudes e comportamentos atuais para não ter uma consequência negativa para as gerações futuras (Medina; Cárdenas, 2010).

Um exemplo disso é a dependência do sistema de transporte para alimentar o crescimento e desenvolvimento econômico mundial (carros,

caminhões, ônibus, trens, navios e aviões). A expansão do transporte urbano, em nível global, incrementa o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Herrmann-Lunecke, Mora e Sagaris, 2020). As tecnologias convencionais e os modos de transporte emitem quantidades substanciais de dióxido de carbono (CO₂), tornando o transporte urbano uma chave para contribuição na mudança climática global induzida pelo homem (Sagaris, 2010).

O tráfego rodoviário é uma das principais fontes de poluentes atmosféricos em Dacar. A cidade tem uma densidade populacional muito alta (quase 6.000 habitantes/km²) e apresenta em uma alta concentração de veículos. Só ela responde por quase 70% da frota de veículos do país (Tchanche, 2017).

Sendo assim, surgem preocupações sérias com a poluição dos transportes urbanos, como aquecimento global e poluição atmosférica. A principal fonte de poluição nos municípios em razão do transporte urbano é a poluição do ar (Filho; Barbir; Nagy; Sima, 2020; Osorio; Silvestre; Yamamura; Heinzen, 2020).

O desenvolvimento sustentável do transporte urbano precisa atender a demanda perante princípios de desenvolvimento equilibrado e justo, considerando a capacidade de suporte do ambiente urbano e a taxa de consumo de energia, buscando, finalmente, atingir as metas dos objetivos do desenvolvimento sustentável (Sagaris; Arora, 2016). À medida que é cada vez mais reconhecida a representatividade da mobilidade para questões como equidade, saúde e impacto climático, o transporte urbano sustentável está se tornando relevante em nível mundial (Correia; Galves, 2018; Hidalgo; Huizenga, 2013).

OS ODS e o transporte sustentável

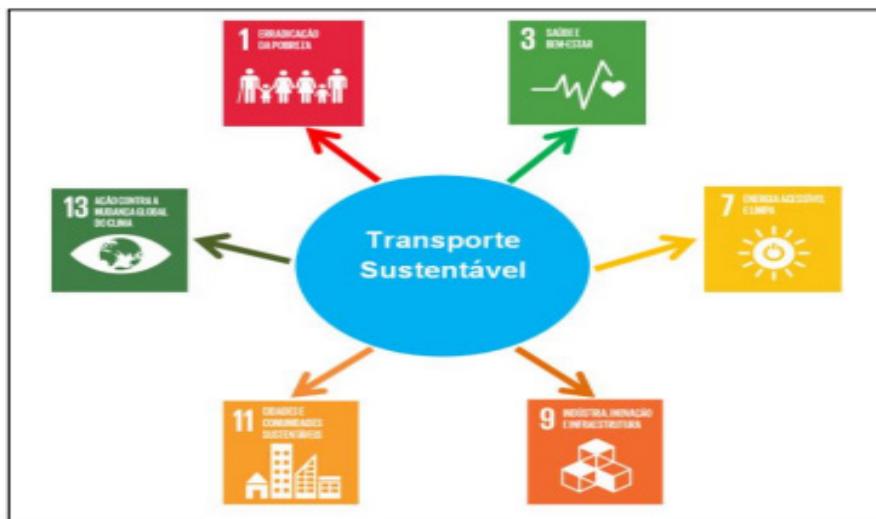
A sustentabilidade é a base da atual da estrutura global para liderar a cooperação internacional frente à Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ao todo são 17 ODS que apresentam metas a serem atingidas até 2030 (SDG, 2015).

Para atingir as metas dos ODS são necessárias intervenções de governos, empresas e sociedade civil, já que todos os *stakeholders* têm uma função a desempenhar. Os objetivos e metas são para todos os países e não somente para os considerados em desenvolvimento. Os ODS são a estabilidade em longo prazo da economia e meio ambiente; isso só é

possível, por meio, da integração e reconhecimento de preocupações econômicas, ambientais e sociais durante todo o processo de tomada de decisão (Osorio *et al.*, 2020).

No entanto, a efetivação dos ODS dependerá de avanços no transporte sustentável (Sagaris; Arora, 2016). O transporte sustentável permite o progresso global na redução das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, os países não podem fornecer segurança alimentar ou assistência médica sem o fornecimento de sistemas de transporte confiáveis e sustentáveis para esses avanços (Filho *et al.*, 2020; Sagaris; Arora, 2016). Além dessas conexões sistêmicas, alguns ODS estão direta e indiretamente conectados ao transporte sustentável, por meio de metas e indicadores, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Relação dos ODS com o transporte sustentável



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A infraestrutura de transporte e serviços pode fornecer mobilidade, segurança, confiabilidade, desenvolvimento econômico e acessibilidade, mitigando os impactos negativos no ambiente e saúde regional e global, a curto, médio e longo prazo, sem comprometer o desenvolvimento das gerações do futuro (Osorio *et al.*, 2020).

A compreensão do transporte sustentável associa-se com os princípios da “Economia Verde”. Na Conferência Rio+20 das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, declarou-se que a economia

verde, no contexto do desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza, vai além do que simplesmente o desenvolvimento com baixo carbono (Correia; Galves, 2018).

A dimensão social e a erradicação da pobreza (ODS1) permanecem como fundamentais para os países em desenvolvimento. O que torna a atividade do transporte urbano uma temática essencial da economia verde na Conferência Rio+20. O facilitar, permitir e catalisar os âmbitos econômico, ambiental e social prevalece como principal fator para o desenvolvimento da atividade do transporte nos países em desenvolvimento (Filho *et al.*, 2020). Ainda, a garantia de saúde e bem-estar (ODS3) inclui um objetivo para lidar com mortes e ferimentos causados por acidentes nas estradas, e sobre as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (ODS11), inclui uma meta de expansão do transporte público (SDG, 2015).

Além disso, o Acordo de Paris concentra-se na necessidade de garantir que o aumento da temperatura fique abaixo de 2°C, um objetivo para o qual o transporte de baixo carbono desempenha um papel crucial (Osorio *et al.*, 2020).

Transporte interurbano no Senegal

Percebe-se que o transporte interurbano está relacionado com o desenvolvimento humano e ambiental, tendo a necessidade de avançar de forma equilibrada (Greene, *et al.*, 2017; Levent; Nijkamp, 2006; Vasconcelos, 2005). Entretanto, este não é o cenário atual, pois há um desequilíbrio fundamentado, essencialmente, pela dependência do transporte motorizado que utiliza combustíveis fósseis (Bezerra; Dos Santos; Delmonico, 2020; Silva; Teles, 2020).

O paradigma que predomina é resultado da falta de eficiência nos transportes de cargas e pessoas; custo alto com sistemas logísticos; poluição do ar; congestionamento; acidentes e mortes no trânsito; consumo de energia em excesso e aumento de emissão de GEE. Estes fatores negativos acabam impactando de forma específica a população vulnerável: pessoas de baixa renda, idosos e crianças (Herrmann-Lunecke *et al.*, 2020; Hidalgo; Huizenga, 2013).

O tráfego rodoviário é uma das principais fontes de poluentes atmosféricos no Senegal. O país apresenta uma forte dependência da importação de veículos usados, oriundos principalmente da Europa e da Ásia, muitos dos quais já ultrapassaram sua vida útil recomendada.

A tendência é o aumento no congestionamento, acidentes, impactos na saúde e aumento no consumo de energia (Greene *et al.*, 2017).

A obsolescência dos veículos ocasiona um consumo excessivo de combustíveis, intensificando a concentração de poluentes (Liousse; Galy-Lacaux, 2010). De acordo com os dados de inventário obtidos no âmbito do projeto DACCIWA, as emissões de NOx provenientes do setor de transportes no Senegal, no período de 2010 a 2015, representaram cerca de 32% das emissões antrópicas.

Estudos mostram que ao introduzir fontes de energias renováveis é possível alcançar uma redução nas emissões gerais de gases de efeito estufa no setor do transporte (Silva; Teles, 2020; Greene, *et al.*, 2017; Rodrigues Filho; Macêdo; Serratini; Silva; Lima; Pinheiro, 2015). O uso de biocombustíveis é considerado fonte renovável de energia, entretanto, notavelmente gera mudanças nos padrões de cultivo da agricultura e nas práticas de manejo da terra, gerando ameaças na base de recursos naturais (Silva; Teles, 2020). Desta forma, políticas públicas do governo precisam formular estratégias para um transporte sustentável, em que os principais desafios incluem o controle do aumento exponencial da população, o aumento descontrolado de veículos particulares e investimento insuficiente em infraestrutura de transporte, o que leva ao desenvolvimento insustentável dos municípios de países em desenvolvimento (Filho *et al.*, 2020; Bandeira; Goes; Gonçalves; D'Agosto; Oliveira, 2019).

Referências

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). **CO₂ emissions from fuel combustion** 2017. Paris: AIE Publishing, 2017. 515 p.

Disponível em: <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-2017>. Acesso em: 20 set. 2023.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). **CO₂ emissions from fuel combustion** 2018. Paris: AIE Publishing, 2018. 515 p.

Disponível em: <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-2018-highlights>. Acesso em: 20 out. 2023.

AMAYA, J.; ARELLANA, J.; DELGADO-LINDEMAN, M. Stakeholders perceptions to sustainable urban freight policies in emerging markets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 132, p. 329-348, 2020.

ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H.

N.; PEREIRA, L. A.; BRAGA, A. L. F. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 5, p. 643–655, 2012. DOI: 10.1590/S1806-37132012000500015.

BANDEIRA, R. A. de M.; GOES, G. V.; GONÇALVES, D. N. S.; D'AGOSTO, M. A.; OLIVEIRA, C. M. Electric vehicles in the last mile of urban freight transportation: A sustainability assessment of postal deliveries in Rio de Janeiro-Brazil. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 67, p. 491-502, 2019.

BEZERRA, B. S.; SANTOS, A. L. L.; DELMONICO, D. V. G. Unfolding barriers for urban mobility plan in small and medium municipalities – A case study in Brazil. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 132, p. 808-822, 2020.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (CCNUCC). **Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions**. Bonn, 2016. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2016/cop22/eng/02.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2023.

CORREIA, L. F. de M.; GALVES, M. L. Sustainable metropolitan transport: stakeholders' objectives in the greater Santos metropolitan area in Brazil. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 13, n. 6, p. 917-930, 2018.

CROZET, Y. The prospects for inter-urban travel demand. **OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Papers**, n. 2009/14, OECD Publishing, Paris, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/5kmmr3hqt4f6-en>. Acesso em: 21 nov. 2024

DEMIREL, H. A novel approach for determining the impacts of road transportation on air quality. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 15, n. 8, p. 891-897, 2006.

DIEME, D. **Caracterização físico-química e estudo dos efeitos tóxicos sobre células pulmonares BEAS-2B dos poluentes particulados da cidade de Dakar** (Senegal). 2011. 181 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade do Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, 2011.

DIEME, D.; CABRAL, M.; VERDIN, A.; DIOUF, A. Caractérisation physico-chimique et effets cytotoxiques de particules atmosphériques PM_{2,5} de la ville de Dakar (Sénégal). **Ann. Toxicol. Anal.**, v. 63, n. 4, p. 157-167, 2011. DOI: 10.1051/ata/2011132.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: win-win-win

business strategies for sustainable development. **California Management Review**, v. 36, n. 2, p. 90-100, 1994.

FALL, A.; DIOP, M.; NDONG, B. **Mobilité interurbaine et durabilité environnementale au Sénégal**. Dakar: Université Cheikh Anta Diop, 2021.

FILHO, W. L.; BARBIR, J.; NAGY, G. J.; SIMA, M. Reviewing the role of ecosystem services in the sustainability of the urban environment: a multi-country analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 262, p. 1-12, 2020.

GUZMAN, L. A.; ARELLANA, J.; ALVAREZ, V. Confronting congestion in urban areas: developing sustainable mobility plans for public and private organizations in Bogotá. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 134, p. 321-335, 2020.

GREENE, M.; MORA, R. I.; FIGUEROA, C.; WAINTRUB, N.; ORTÚZAR, J. de. Towards a sustainable city: Applying urban renewal incentives according to the social and urban characteristics of the area. **Journal Habitat International**, v. 68, p. 15–23, 2017.

HERRMANN-LUNECKE, M. G.; MORA, R.; SAGRIS, L. Persistence of walking in Chile: lessons for urban sustainability. **Transport Reviews**, v. 40, n. 2, p. 135-159, 2020.

HIDALGO, D.; HUIZENGA, C. Implementation of sustainable urban transport in Latin

Levent, T. B., & Nijkamp, P. (2006). Quality of Urban Life: A Taxonomic Perspective. **Studies in Regional Science**, 36 (2), p. 269–281.

LIOSSE, C.; GALY-LACAUX, C. Pollution urbaine en Afrique de l'Ouest. **La Météorologie**, n. 7, p. 45-49, 2010.

MEDINA, P. A.; CÁRDENAS, D. C. B. Urban environmental sustainability in Colombia. **Bitácora Urbano Territorial**, v. 17, n. 2, p. 73-93, 2010.

MERCER, J.; DUARTE, F.; DOMINGUE, J.; CARRIER, M. Understanding continuity in sustainable transport planning in Curitiba. **Urban Studies**, v. 52, n. 8, p. 1454-1470, 2015.

OSÓRIO, A. M. R.; SILVESTRE, F. A. C.; YAMAMURA, J. S.; HEINZEN, M. K. Urban spaces sustainability: applied study to Curitiba's Central District – Brazil. **World Sustainability Series**, v. 2, n.

1, p. 465-478, 2020.

OVIEDO, D.; GUZMAN, L. A. Revisiting accessibility in a context of sustainable transport: Capabilities and inequalities in Bogotá. *Sustainability*, v. 12, n. 11, art. 4464, 2020. DOI: 10.3390/su12114464

SAGARIS, L. From sustainable transport development to active citizenship and participatory democracy: the experience of Living City in Chile. **Natural Resources Forum**, v. 34, n. 4, p. 275-288, 2010.

SAGARIS, L.; ARORA, A. Evaluating how cycle-bus integration could contribute to “sustainable” transport. **Research in Transportation Economics**, v. 59, p. 218-227, 2016.

SDG. Sustainable Development Goals: transforming our world – the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em: 6 maio 2025

SÉNÉGAL. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE. **Troisième communication nationale du Sénégal à la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques**. Dakar, 2015a. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/sennc3.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.

SÉNÉGAL. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE. **Stratégie nationale de développement durable**. Dakar, 2015b. Disponível em: http://www.denv.gouv.sn/images/documentsenligne/SNDD%202015_Version%20Finale.pdf. Acesso em: 22 ago. 2024.

SILVA, B. V. F.; TELES, M. P. R. Pathways to sustainable urban mobility planning: a case study applied in São Luís, Brazil. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, v. 4, p. 1-12, 2020.

SILVA, L. R. **A mobilidade interurbana para o Brasil: uma nova abordagem de planejamento**. 2021. 284 f. Tese (Doutorado em Projeto e Planejamento) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021.

SILVA, C. B. P. D.; SALDIVA, P. H. N.; LOURENÇO, L. F.; SILVA, F. R.; MIRAGLIA, S. G. K. Evaluation of the air quality benefits of the subway system in São Paulo, Brazil. *Journal of Environmental Management*, v. 101, n. 1, p. 191-196, 2012.

TCHANCHE, B. F.; DIAW, M. Energy consumption in the transport sector of Senegal: trends and prospects. **Energy Policy Review**, v. 12, n. 3, p. 101-115, 2017.

TCHANCHE, B. F. Energy consumption analysis of the transportation sector of Senegal. **AIMS Energy**, v. 5, n. 6, p. 912-929, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3934/energy.2017.6.912>. Acesso em: 27 maio 2025.

TCHANCHE, B. F. Energy and sustainable development in Senegal. **Journal of Energy and Natural Resource Management**, v. 3, n. 2, p. 15-27, 2018a.

TCHANCHE, B. F. Urban transport challenges in Senegal: informal mobility and policy gaps. **African Journal of Transport and Logistics**, v. 4, n. 1, p. 55-70, 2018b.

TCHANCHE, B.; DIAW, I. Analyse énergétique du secteur des transports du Sénégal. Proc. **1re Conférence ouest-africaine des énergies renouvelables**, 28/06-02/07, Saint-Louis, Sénégal, 2017.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 31, p. 244, 2008.

VASCONCELOS, E. A. de. Urban change, mobility and transport in São Paulo: Three decades, three cities. **Transport Policy**, v. 12, n. 2, p. 91-104, 2005.

Capítulo 6

CROMATOGRAFIA CIRCULAR DE PFEIFFER E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO¹

GABRIELA SCHMORANTZ DE OLIVEIRA DALAVECHIA²; LEONIR TEREZINHA UHDE³; VIDICA BIANCHI⁴; NATÁLIA DIAS DE OLIVEIRA⁵

¹Pesquisa desenvolvida no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS), Programa de Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Bióloga, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUI, Ijuí, RS. E-mail: gabriela.dallavechia@sou.unijui.edu.br

³Professora, Dra. Curso de Agronomia e do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: uhde@unijui.edu.br

⁴Professora, Dra. Mestrado em Educação nas Ciências, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: vidica.bianchi@unijui.edu.br

⁵Engenheira Agrônoma, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, Doutoranda em Desenvolvimento Regional, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: nataliadias.agro@gmail.com

Introdução

O monitoramento da qualidade do solo é um dos principais desafios da agricultura contemporânea, especialmente em um cenário de intensificação produtiva e busca por sustentabilidade. A Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCF), ao integrar dimensões físicas, químicas e biológicas do solo, apresenta-se como uma ferramenta promissora para estudos agroecológicos e de manejo sustentável.

A CCP é um método de análise integrada das dimensões físicas, químicas e biológicas do solo, utilizado para avaliar sua qualidade e eventuais carências (Pilon et al., 2018). Trata-se de uma técnica de baixo custo e acesso facilitado, que pode ser aplicada por agricultores, técnicos e estudantes. Sua principal vantagem é permitir o acompanhamento dos efeitos do manejo sobre o solo, possibilitando o monitoramento visual

dos componentes minerais, orgânicos, proteicos, e, consequentemente, a adequação das práticas agrícolas quando necessário (Santos et al., 2021).

Diferentemente da análise química tradicional de solos, que se limita à quantificação de nutrientes, pH e matéria orgânica, a cromatografia de Pfeiffer busca representar a qualidade de vida do solo por meio de padrões de cores e formas que revelam aspectos minerais, orgânicos, energéticos e eletromagnéticos, registrados visualmente em um cromatograma (Pinheiro, 2011). As imagens formadas no papel-filtro, denominadas cromas, são analisadas com base em cinco zonas concêntricas: zona central, zona interna, zona intermediária, zona externa e zona periférica (Pinheiro et al., 2018).

A análise química tradicional do solo continua sendo uma ferramenta essencial para a agricultura, pois oferece dados quantitativos sobre macro e micronutrientes, pH, capacidade de troca catiônica (CTC), acidez potencial, entre outros parâmetros que auxiliam no diagnóstico da fertilidade e no manejo adequado das culturas. No entanto, esse tipo de análise, ainda que fundamental, não considera aspectos ecológicos, como a biologia do solo e sua estrutura física, o que pode limitar sua interpretação em sistemas sustentáveis ou agroecológicos (Siqueira, 2016; Pinheiro, 2011).

Por outro lado, embora a Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) apresente limitações para uma avaliação química detalhada do solo, especialmente quando comparada aos métodos laboratoriais convencionais, sua eficácia como ferramenta complementar e interpretativa é amplamente reconhecida. Técnicas mais recentes, como os fentogramas, têm sido propostas para aprofundar a análise qualitativa dos cromas, ampliando as possibilidades de leitura dos aspectos biológicos e energéticos do solo (Siqueira, 2016; Pinheiro, 2011).

Dessa forma, este capítulo tem por objetivo avaliar a CCF como ferramenta de análise complementar aos métodos convencionais de avaliação da fertilidade do solo em diferentes sistemas de uso: área de mata nativa ou em regeneração, horta agroecológica e área experimental com sucessão cultural trigo/soja. A partir dessa integração, busca-se utilizar os resultados obtidos como indicadores de qualidade e saúde do solo, promovendo uma leitura mais holística e sustentável dos sistemas agrícolas.

Ao incorporar a CCF em um estudo comparativo entre diferentes usos do solo, como horta agroecológica, mata nativa e cultivo de trigo, esta pesquisa oferece bioindicadores sensíveis e visuais que fortalecem

o diagnóstico e o monitoramento ecológico dos solos. Tal abordagem é especialmente relevante para ações de educação ambiental, extensão rural, agricultura familiar e agroecologia, uma vez que se trata de uma técnica de baixo custo e aplicabilidade direta, características essenciais para ampliar seu uso em contextos formativos e produtivos.

Nesse sentido, o estudo também se articula com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente:

- ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável: ao investigar e promover práticas agrícolas sustentáveis, como a agroecologia e o monitoramento ecológico do solo, o estudo contribui diretamente para o aumento da produtividade com base em sistemas resilientes e ambientalmente equilibrados;
- ODS 4 – Educação de Qualidade: a horta agroecológica, enquanto espaço de educação ambiental, científica e interdisciplinar, promove o aprendizado ativo e crítico de estudantes, técnicos e agricultores, fortalecendo a formação voltada à sustentabilidade;
- ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis: ao propor práticas de manejo e produção mais conscientes e integradas ao meio ambiente — como a compostagem, o uso de adubação verde e o manejo sem agrotóxicos —, contribui para a construção de sistemas produtivos mais sustentáveis;
- ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima: solos bem manejados, com maior teor de matéria orgânica e atividade biológica, contribuem para o sequestro de carbono, o controle da erosão e a regulação do microclima, reforçando o papel do solo na mitigação das mudanças climáticas;
- ODS 15 – Vida Terrestre: ao valorizar a biodiversidade do solo e compará-la com áreas de mata nativa, o estudo evidencia a importância da conservação dos ecossistemas terrestres e da restauração da funcionalidade ecológica dos solos agrícolas.

Assim, este estudo justifica-se por contribuir para uma compreensão holística da qualidade e da saúde do solo, a partir de métodos acessíveis, integrados e sustentáveis. A utilização da CCP como ferramenta de avaliação qualitativa permite ampliar a leitura sobre os efeitos do manejo agrícola, seja convencional, agroecológico ou natural, considerando não apenas aspectos químicos, mas também as dimensões biológicas, físicas e energéticas do solo. Em um cenário de crescentes desafios ambientais

e alimentares, a capacidade de monitorar o solo de maneira prática e educativa é fundamental para garantir sistemas produtivos mais resilientes, eficientes e ambientalmente equilibrados.

Qualidade do solo: dimensões físicas, químicas e biológicas

A qualidade do solo é um conceito chave para compreender e promover a sustentabilidade dos sistemas agroecológicos e naturais. Ela pode ser definida como “a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e dos animais” (Doran; Parkin, 1994). Trata-se, portanto, de um conceito funcional, relacionado à habilidade do solo em sustentar o crescimento vegetal, regular o ciclo da água e dos nutrientes, manter a biodiversidade e resistir ou se recuperar de distúrbios (Lal, 2016).

Os indicadores de qualidade do solo podem ser agrupados em três categorias principais: físicos, químicos e biológicos. Os indicadores físicos incluem a estrutura, a textura, a compactação e a porosidade. A estrutura está relacionada à organização das partículas do solo em agregados, fator fundamental para a infiltração de água e aeração. A textura, definida pela proporção de areia, silte e argila, influencia diretamente a retenção hídrica e a capacidade de troca de nutrientes (Embrapa, 2011). A compactação excessiva prejudica o crescimento radicular e reduz o espaço poroso, afetando negativamente a produtividade.

No âmbito químico, destaca-se a importância do pH do solo, da matéria orgânica e da presença de nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). O pH influencia a solubilidade dos nutrientes e a atividade dos microrganismos (Machado; Silva, 2020). A matéria orgânica, além de ser fonte de nutrientes, contribui para a formação de agregados e melhora a capacidade de retenção de água. A disponibilidade de nutrientes em quantidades equilibradas é essencial para o bom desenvolvimento das plantas e para a manutenção da atividade microbiana benéfica.

Os indicadores biológicos têm ganhado destaque por refletirem com sensibilidade às mudanças no manejo do solo. A presença de minhocas, a diversidade microbiana e a biomassa microbiana são importantes métricas da atividade biológica do solo. Esses organismos desempenham funções vitais, como a decomposição da matéria orgânica, a mineralização de

nutrientes e a formação de agregados estáveis (Nogueira et al., 2022). Um solo biologicamente ativo é mais resiliente e eficiente na ciclagem de nutrientes.

Nesse contexto, o solo é reconhecido como um organismo vivo, conforme proposto por diversos estudiosos da agroecologia e da biodinâmica. Ehrenfried Pfeiffer, pioneiro na abordagem qualitativa dos solos, introduziu a cromatografia circular como método para avaliar a vitalidade do solo, a partir da organização de padrões visuais que refletem sua composição bioquímica e qualidade biológica (PFEIFFER, [1960] 1984). Este método permite uma análise integrada que complementa os métodos físico-químicos convencionais, revelando aspectos não detectáveis por testes laboratoriais tradicionais.

A vida no solo e suas interações ecológicas são, portanto, fundamentais para a manutenção da fertilidade e da saúde ambiental. Microrganismos, fauna edáfica, raízes e matéria orgânica interagem em rede, promovendo um ecossistema subterrâneo dinâmico, essencial para o funcionamento dos sistemas agrícolas e naturais. Em ambientes como hortas agroecológicas, áreas de mata nativa e cultivos comerciais, como o trigo, as práticas de manejo interferem diretamente na qualidade do solo, podendo promover ou degradar sua integridade.

Compreender esses fundamentos é essencial para avaliar corretamente a saúde do solo em diferentes contextos de uso. Ferramentas como a cromatografia de Pfeiffer, associadas a análises físico-químicas detalhadas, oferecem uma visão ampla e integrada da qualidade do solo, fortalecendo práticas sustentáveis e agroecológicas.

Características do solo em sistemas agroecológicos (hortas agroecológicas)

As hortas agroecológicas baseiam-se em princípios de manejo sustentável e no uso de práticas que respeitam e potencializam os processos naturais do solo. O solo, nesse contexto, é considerado um organismo vivo e dinâmico, cuja qualidade está diretamente relacionada ao equilíbrio entre os seus componentes físicos, químicos e biológicos (Altieri, 2012). Práticas como a compostagem, a adubação verde, a cobertura morta e a rotação de culturas são amplamente utilizadas e contribuem significativamente para a melhoria das características do solo.

A compostagem consiste na decomposição controlada de resíduos orgânicos, resultando em composto rico em matéria orgânica e microrganismos benéficos. Esse composto atua como condicionador do solo, promovendo a fertilidade e a saúde microbiana (Loss et al., 2011). Já a adubação verde, por meio do cultivo de plantas específicas para incorporação ao solo, favorece o aporte de biomassa, a ciclagem de nutrientes e a fixação biológica de nitrogênio, além de proteger o solo contra a erosão (EMBRAPA, 2018).

A cobertura morta, uso de palhada ou resíduos vegetais secos sobre o solo, desempenha múltiplas funções: conserva a umidade, reduz a temperatura do solo, suprime plantas daninhas e favorece a atividade biológica. Essa prática melhora também a estrutura do solo, ao evitar o impacto direto da chuva e o ressecamento superficial (Gomes et al., 2019). Por fim, a rotação de culturas contribui para a diversificação biológica e nutricional do solo, quebrando ciclos de pragas e doenças e evitando o esgotamento de nutrientes específicos (Altieri; Nicholls, 2017).

Os efeitos positivos dessas práticas refletem-se diretamente na qualidade do solo das hortas agroecológicas. A matéria orgânica é incrementada, promovendo uma maior capacidade de retenção de água, maior agregação das partículas do solo e maior disponibilidade de nutrientes. Ao mesmo tempo, há um forte estímulo à atividade biológica, evidenciada pela presença de minhocas, insetos benéficos e uma microbiota diversificada (Nogueira et al., 2022).

Alguns indicadores práticos de solos bem manejados em sistemas agroecológicos incluem o cheiro de terra fresca, característico de solos ricos em atividade microbiana; a presença abundante de minhocas, indicativa de boa aeração e fertilidade; a baixa compactação, permitindo facilmente penetração das raízes; e a estrutura granular, que favorece a infiltração da água e a oxigenação do solo (Machado; Silva, 2020).

Portanto, o manejo ecológico das hortas não apenas garante a produtividade e a qualidade dos alimentos, como também promove a regeneração dos solos, transformando-os em sistemas vivos, equilibrados e resilientes.

Características do solo em áreas de mata nativa

Os solos em áreas de mata nativa representam sistemas equilibrados e estáveis, fruto da longa interação entre fatores climáticos, vegetação e

atividade biológica. Em ecossistemas naturais, como florestas tropicais e matas secundárias em regeneração, o solo exerce papel fundamental na manutenção da biodiversidade, da estrutura trófica e do equilíbrio hidrológico (Farias et al., 2013). A relação entre solo, vegetação e clima é dinâmica e interdependente: enquanto a vegetação contribui com matéria orgânica e proteção contra a erosão, o solo oferece suporte físico, nutrientes e regulação hídrica às plantas.

Um dos aspectos mais marcantes dos solos sob mata nativa é a ciclagem natural de nutrientes, que ocorre predominantemente pela deposição e decomposição da serapilheira, camada de folhas, galhos e restos vegetais sobre o solo. Essa serapilheira serve como substrato para uma rica comunidade de decompositores, como fungos, bactérias e invertebrados, que atuam na mineralização da matéria orgânica, devolvendo nutrientes ao solo e às plantas. Esse processo é altamente eficiente e sustentável, dispensando a adição de insumos externos.

No que se refere ao perfil do solo, áreas de mata nativa geralmente apresentam uma camada superficial rica em matéria orgânica, com coloração escura, estrutura granular e intensa atividade biológica. A presença de minhocas, actinobactérias e fungos micorrízicos é indicativa de alta biodiversidade microbiana, um dos principais indicadores de qualidade do solo (Nogueira et al., 2022). Essa biodiversidade contribui para a estabilidade ecológica e para a resistência a distúrbios ambientais.

Quando comparados aos solos manejados, como aqueles utilizados em agricultura convencional, os solos de áreas de mata apresentam diversas vantagens naturais: maior capacidade de infiltração de água, baixa compactação, estrutura bem desenvolvida e equilíbrio químico-biológico (Loss et al., 2011). No entanto, apresentam também limitações para o cultivo direto, como baixa fertilidade química imediata, resultado da predominância da matéria orgânica como principal fonte de nutrientes, e alta dependência da ciclagem biológica, que pode ser comprometida por distúrbios como desmatamento e revolvimento do solo (Machado; Silva, 2020).

Preservar e compreender os solos de áreas de mata é essencial não apenas para fins conservacionistas, mas também como referência para o manejo sustentável de áreas agrícolas, pois esses ecossistemas representam modelos de equilíbrio ecológico e funcionamento biogeoquímico eficiente.

Características do solo em sistema de plantio direto de longa duração (sucessão trigo/soja)

O sistema de plantio direto (SPD) é amplamente utilizado em áreas agrícolas no Brasil, especialmente na região sul, onde a sucessão de culturas como trigo (*Triticum aestivum*) no inverno e soja (*Glycine max*) no verão é uma prática consolidada. A adoção do SPD de longa duração resulta em uma melhoria geral da qualidade do solo, aumentando a sua produtividade e sustentabilidade a longo prazo, e minimizando os impactos ambientais negativos associados à agricultura.

Uma das principais características positivas observadas em áreas sob SPD de longa duração é a melhoria na estrutura do solo, com maior formação e estabilidade de agregados. A manutenção de resíduos vegetais na superfície contribui para a formação de matéria orgânica, que, por sua vez, atua como agente agregante, melhorando a porosidade e a infiltração de água, e reduzindo processos erosivos (Tormena et al., 2008).

A rotação ou sucessão de culturas, especialmente com espécies de ciclos e sistemas radiculares distintos como trigo e soja, contribui para uma exploração mais eficiente do perfil do solo, favorecendo a ciclagem de nutrientes e a distribuição da biomassa radicular. A soja, como leguminosa, ainda traz o benefício da fixação biológica de nitrogênio, o que reduz a dependência de fertilizantes nitrogenados e melhora o balanço de nitrogênio no solo (Alves et al., 2006).

Quimicamente, áreas sob SPD com sucessão trigo/soja tendem a apresentar maior teor de matéria orgânica, especialmente nos primeiros centímetros do perfil, devido ao acúmulo e à decomposição lenta da palhada. Esse acúmulo contribui para o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e da retenção de nutrientes, melhorando a fertilidade do solo. Entretanto, o pH do solo pode sofrer estratificação, apresentando valores mais baixos (mais ácido) na superfície e valores mais altos (mais neutro ou alcalino) em profundidade, uma situação que se torna mais acentuada em solos manejados sem se dar atenção à calagem. Para corrigir essa deficiência, é necessária a aplicação regular de calcário na superfície, a fim de neutralizar a acidez e melhorar a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Do ponto de vista biológico, o SPD favorece a atividade microbiana e a presença de organismos como minhocas e microrganismos benéficos, especialmente quando o solo não é revolvido mecanicamente

por longos períodos. A estabilidade e proteção conferidas pelo sistema reduzem distúrbios no habitat edáfico, promovendo um solo mais ativo biologicamente (Nogueira et al., 2022).

Apesar dos benefícios, áreas de SPD com sucessão trigo/soja podem enfrentar desafios como a compactação subsuperficial, especialmente se o manejo do tráfego de máquinas não for adequado. Também pode ocorrer o desenvolvimento de doenças e plantas daninhas associadas ao cultivo contínuo das mesmas espécies, o que reforça a importância da rotação diversificada de culturas para manter a sustentabilidade do sistema.

Portanto, o SPD de longa duração com sucessão trigo/soja é um modelo viável e ambientalmente mais equilibrado de produção agrícola, desde que manejado com critérios técnicos, visando manter e aprimorar as funções ecológicas do solo.

Procedimentos metodológicos

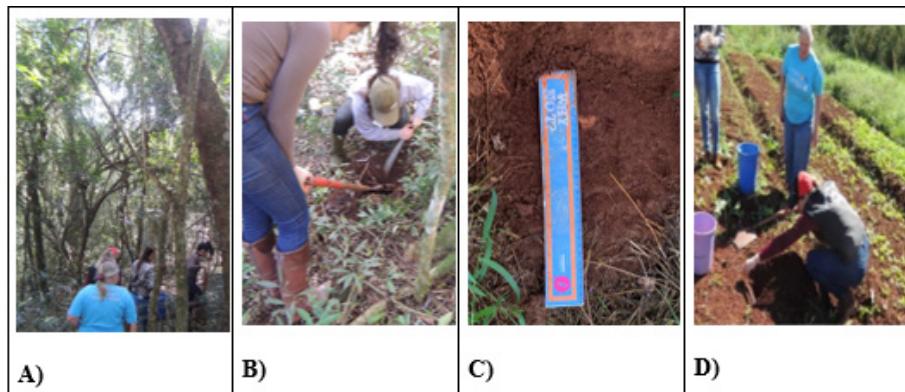
O Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), localizado no município de Augusto Pestana (RS), é utilizado como espaço de ensino, pesquisa e extensão, incluindo uma horta didática manejada de acordo com os princípios agroecológicos. Do total de 236 hectares (ha) que compõem o Instituto, 78 ha correspondem à área de preservação permanente, e o restante é destinado às atividades de ensino, pesquisa, extensão e outras práticas. Esse foi o local utilizado para a coleta das amostras de solo destinadas às análises segundo os fundamentos da Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) e das análises físico-químicas convencionais.

As amostras de solo foram coletadas em três sistemas de uso existentes no IRDeR: mata nativa, horta agroecológica e área experimental com sucessão trigo/soja (Figura 1). Cada sistema foi amostrado com três repetições, exceto a área de mata, que contou com duas repetições, em razão do adensamento e da presença de pedregosidade, o que dificultou a coleta. As amostras foram obtidas nas camadas de 0–10 cm e 10–20 cm de profundidade em cada ponto.

A mesma amostra coletada em campo foi utilizada para ambas as análises (CCP e físico-química). Para a CCP, manteve-se a separação das camadas de 0–10 cm e 10–20 cm, com preparo de cromas independentes para cada profundidade e cada área (Figura 2). Já para a análise físico-

química, as frações de 0–10 cm e 10–20 cm foram misturadas, compondo uma única amostra composta (0–20 cm) por sistema de uso.

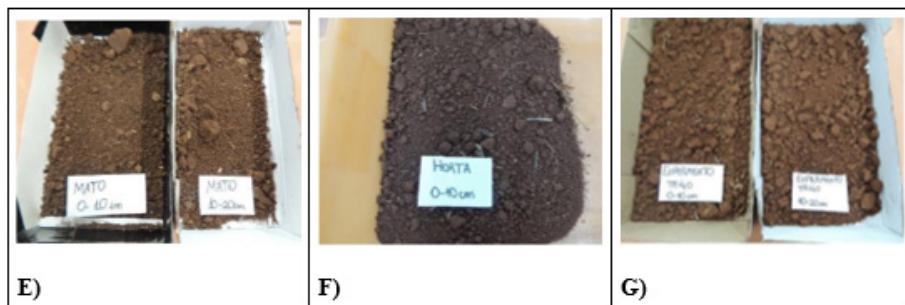
Figura 1 - Etapas da coleta de solo



Legenda: A) Discentes e a docente Dra. Leonir no trajeto dentro da mata nativa para coletar as amostras de solo; B) Alunas abrindo a cova para coleta das amostras de solo na área da mata nativa; C) Mensuração das camadas para coleta das amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm; D) Retirada das parcelas de solos para compor as amostras na área da horta agroecológica.

Fonte: As autoras (2023).

Figura 2 - Amostras de solo coletadas e homogeneizadas.



Legenda: E) Amostras coletadas da área de mata nativa; F) Amostras coletadas da área da horta agroecológica; G) Amostras coletadas da área de sucessão soja/trigo.

Fonte: As autoras (2023).

As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da UNIJUÍ, Campus Ijuí (RS). As amostras foram inicialmente deixadas para secagem à sombra, em ambiente fresco e arejado, por aproximadamente 48 horas,

a fim de evitar a degradação microbiológica e preservar as características naturais do solo. Após a secagem, o material foi peneirado em malha de 20 mm (Figura 3H), macerado e novamente peneirado em peneira com malha de 30 mm (Figura 3I), obtendo-se uma granulometria fina e homogênea.

Posteriormente, para a realização da análise de CCP, foram pesados 5g de cada amostra para compor as duas subamostras (Figura 3J), as quais foram acondicionadas em frascos Erlenmeyer de 125 mL. Em seguida, adicionaram-se 50 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 1% (Figura 3K).

Para garantir a homogeneização das subamostras, foi realizada uma sequência de sete giros para a direita e sete giros para a esquerda, repetida por sete séries, totalizando 49 giros em cada direção. Após a primeira homogeneização, as subamostras permaneceram em repouso por 15 minutos, sendo, em seguida, submetidas a uma segunda agitação, repetindo-se as sete séries de sete giros para cada lado (totalizando 49 giros para cada lado).

Após a segunda etapa de agitação, as subamostras foram mantidas em repouso por 60 minutos e, posteriormente, submetidas a uma terceira e última homogeneização, seguindo o mesmo padrão de movimentos. Encerrada a etapa de homogeneização, as subamostras foram mantidas em repouso por 6 horas, favorecendo a decantação do material sólido.

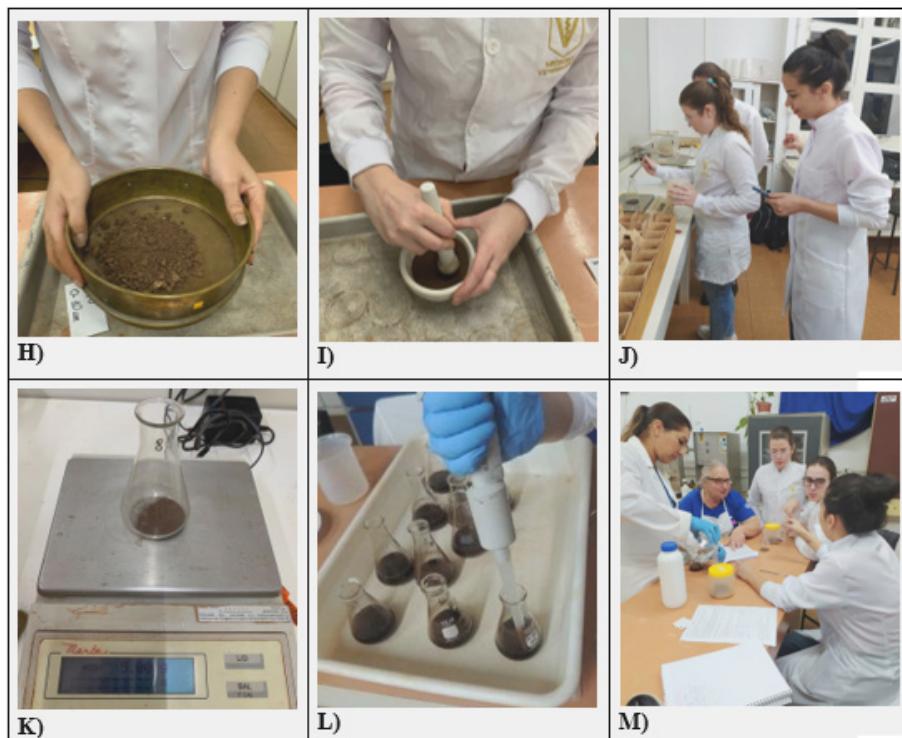
Concluída a decantação, foram coletados 5 mL do sobrenadante de cada subamostras com o auxílio de uma pipeta (Figura 3L), os quais foram transferidos para placas de Petri, com o objetivo de realizar a impregnação nos papéis-filtro previamente tratados com nitrato de prata.

Para a preparação dos papéis-filtro, cada unidade foi marcada no centro com um capilar, indicando os pontos de 4 cm e 6 cm de distância a partir do centro. As etapas seguintes foram realizadas em ambiente com iluminação mínima, a fim de evitar a degradação do nitrato de prata (AgNO_3) pela ação da luz. Foi preparada uma solução de nitrato de prata a 0,5%, disposta em uma placa de Petri, sobre a qual os papéis-filtro foram posicionados, mantendo apenas o capilar central em contato com a solução. Devido à capilaridade, a solução ascendeu pelo papel até próximo ao marco de 4 cm. Em seguida, o capilar foi cuidadosamente removido para evitar contato com a área umedecida. Os papéis-filtro foram então envolvidos em duas folhas de papel-toalha e entre folhas de papel sulfite A4, sendo posteriormente acondicionados em caixas e mantidos em ambiente escuro até a completa secagem.

Após a secagem total dos papéis-filtro, foi realizada a impregnação da solução sobrenadante no papel previamente tratado com nitrato de prata, etapa também conduzida em sala escura, seguindo o mesmo cuidado de controle de luz. O capilar foi novamente inserido, permitindo que a solução sobrenadante fosse transferida, por ação da capilaridade, para o papel-filtro, onde ocorreu a impregnação.

Concluída essa etapa, os papéis-filtro foram mantidos em ambiente iluminado e arejado, sem exposição direta ao sol, durante um período de 14 dias para secagem, sendo monitorada diariamente a evolução dos cromas. Ao final desse período, realizaram-se as observações visuais e a interpretação dos resultados obtidos.

Figura 3 - Etapas laboratoriais para realização das análises



Legenda: H) Discente peneirando as amostras na peneira de 20 cm; I) Discente realizando o processo de maceração da amostra após passar pela 1º peneira; J) Discentes realizando a pesagem das amostras; K) Pesagem da amostra para compor a subamostra; L) Extração do sobrenadante para a análise CCP; M) Discentes sendo auxiliadas pela docente Dra. Leonir e auxiliar do laboratório de solos para realizar as etapas de homogeneização das amostras.

Fonte: As autoras (2023).

Os cromatogramas obtidos pela Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) foram avaliados visual e qualitativamente, considerando a presença e a definição de quatro regiões concêntricas: zona central (ZC), zona interna (ZI), zona intermediária (ZM) e zona externa (ZE), conforme metodologia adaptada de Pinheiro (2011) e Pilon et al. (2018).

A interpretação visual levou em conta aspectos como intensidade e distribuição das cores, formas radiais e padrões de contraste, que refletem a organização estrutural, o equilíbrio químico e a vitalidade biológica do solo. Essas características foram utilizadas como indicadores qualitativos da saúde e da qualidade do solo, possibilitando identificar diferenças entre os sistemas avaliados (mata nativa, horta agroecológica e sucessão trigo/soja).

As análises físico-químicas complementares foram conduzidas no Laboratório de Solos da UNIJUÍ, abrangendo os seguintes parâmetros: teor de argila, pH do solo em água, índice SMP, fósforo “disponível” (método Mehlich-1), potássio (método Mehlich-1), matéria orgânica, cálcio, magnésio e alumínio, acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTCa pH 7,0), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva), saturação da CTC pH 7,0 por bases (Valor V), saturação da CTCEfetiva por alumínio (valor m), relação Ca/Mg além dos teores enxofre “disponível” (sulfato), cobre, zinco e manganês “disponíveis”. A interpretação dos dados foi realizada com base nas recomendações do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016), voltadas à produção de grãos.

Análise dos cromas e físico-química

Sistema de uso: mata nativa

Em relação às características visuais, na camada de 0–10 cm (Figura 4N croma da esquerda), observa-se um centro bem claro, circundado por uma faixa marrom-escura intensa, com raios ou padrões bem definidos, de coloração marrom a dourada, e bordas com expansão irregular, apresentando pigmentos escuros e claros.

Em termos de interpretação, essas características indicam a presença de uma microbiota rica e ativa e matéria orgânica abundante, condições comuns em solos de mata devido à deposição contínua de serrapilheira. A boa estrutura física e química observada sugere um equilíbrio entre os

componentes do solo (argila, húmus e microrganismos), caracterizando um sistema em alto estado de estabilidade ecológica.

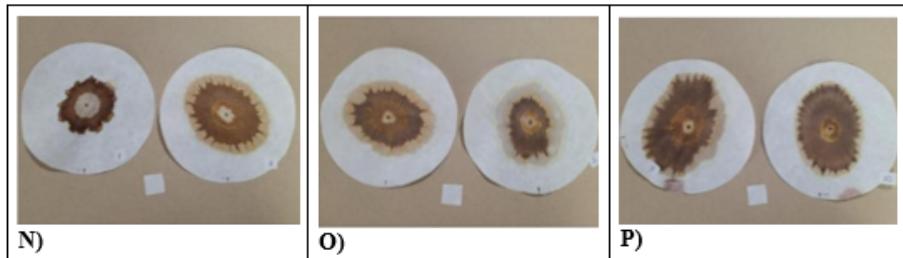
Na camada de 10–20 cm (Figura 4N croma da direita), o cromatograma apresenta um centro claro, com uma faixa marrom contínua, porém de menor intensidade em relação à camada superficial. Os raios continuam presentes, embora mais tênues, e a transição de cores é suave, sem quebras abruptas. Essa configuração indica boa atividade biológica, ainda que naturalmente reduzida em relação à camada superior.

A estrutura do solo permanece equilibrada, evidenciando que o efeito benéfico da vegetação nativa se estende para além da superfície. A menor presença de matéria orgânica é esperada, considerando a distância da fonte direta de aporte, representada pela serrapilheira. A camada subsuperficial ainda se mostra muito saudável, evidenciando que a qualidade do solo se mantém em profundidade, um sinal característico de solos sob vegetação nativa e estável.

Foi observada a presença de fragmentos rochosos e pedregulhos em ambas as camadas, o que é típico de solos de mata da região. De forma geral, a área de mata nativa apresenta maior complexidade e intensidade nos cromas, reflexo de um sistema naturalmente equilibrado, com atividade biológica intensa, especialmente na camada superficial, e boa qualidade estrutural, que se mantém até 20 cm de profundidade.

Os resultados da mata nativa demonstram que a preservação da matéria orgânica e a ausência de revolvimento mantêm o equilíbrio biológico e estrutural do solo, configurando um parâmetro de comparação para áreas sob manejo agrícola. Essa estabilidade reforça o papel das matas como referência de qualidade e resiliência do solo, orientando práticas agrícolas mais sustentáveis.

Figuras 4 - Cromatogramas obtidos pela Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) para os diferentes sistemas de uso do solo.



Legenda: N) Cromatogramas das amostras da mata nativa, à direita correspondendo à camada de 0–10 cm e à esquerda à camada de 10–20 cm; O) Cromatogramas das amostras da horta agroecológica; P) Cromatogramas das amostras da área de sucessão trigo/soja (área experimental), à direita correspondendo à camada de 0–10 cm e à esquerda à camada de 10–20 cm.

Fonte: As autoras, 2023.

Sistema de uso: horta agroecológica

Na camada de 0–10cm (croma da esquerda, Figura 4O), observa-se um centro claro, com anel marrom-escuro bem definido e presença de raios discretos, menos evidentes que no croma da camada inferior. O anel externo apresenta-se pálido, com tonalidade mais clara e difusa.

O solo nesta profundidade demonstra atividade biológica moderada e presença de matéria orgânica, porém em intensidade inferior ao esperado para uma horta agroecológica bem consolidada. Esse padrão sugere um momento de transição, no qual o solo ainda se encontra em processo de recuperação e consolidação do manejo agroecológico. A borda clara e difusa indica uma limitação na estrutura física do solo superficial, possivelmente associada a baixa agregação ou menor estabilidade dos agregados.

Na camada de 10–20 cm (croma da direita, Figura 4O), observa-se um centro claro, com anel marrom-escuro nítido, padrão radial bem desenvolvido (raios bem distribuídos) e gradiente de cores suave do centro à periferia. Esse perfil indica boa atividade biológica mesmo em profundidade, o que representa um excelente indicativo de saúde do solo em ambientes agroecológicos, sugerindo que práticas como adubação verde, compostagem e mínimo revolvimento estão promovendo efeitos positivos em profundidade. A camada subsuperficial apresenta melhor estrutura

física e química em comparação à camada superficial, possivelmente como resultado da incorporação gradual de matéria orgânica ao longo do tempo.

Em termos de manejo do solo, recomenda-se reforçar a cobertura morta (mulching) na superfície, bem como adotar rotações com espécies de raízes profundas (plantas de cobertura e/ou adubos verdes) para aprimorar a porosidade e a biologia na camada de 0–10 cm. Deve-se ainda evitar o revolvimento excessivo da camada superficial e intensificar o uso de composto orgânico bem curtido ou biofertilizantes, favorecendo a consolidação do sistema agroecológico e a melhoria contínua da qualidade do solo.

Sistema de usos: área experimental - sucessão trigo/soja

O sistema de plantio direto de longa duração vem promovendo um solo biologicamente ativo na camada superficial (0–10 cm) (croma da esquerda, Figura 4P). Observa-se boa presença de matéria orgânica e diversidade microbiológica nesta profundidade. A coloração intensa no centro do croma indica alta atividade biológica e abundância de matéria orgânica, enquanto a faixa marrom bem definida, com transição suave, sugere um processo de humificação equilibrado e boa estrutura física. A presença de raios ou padrões irregulares reflete uma microbiota ativa e diversificada, comumente associada a solos bem manejados sob sistemas conservacionistas.

Na camada de 10–20 cm (croma da direita, Figura 4P), observa-se atividade biológica menor, porém ainda positiva, indicando que o sistema de manejo é eficiente em profundidade, ainda que com intensidade reduzida. A coloração marrom mais escura no centro, com anéis menos definidos, sugere menor atividade biológica e teor reduzido de matéria orgânica em relação à camada superficial. Os padrões ainda visíveis, embora menos intensos, indicam uma estrutura razoavelmente estável, porém com menor influência da cobertura orgânica e da matéria fresca depositada na superfície.

De modo geral, os resultados apontam que o plantio direto de longa duração contribuiu para a manutenção da biologia e estrutura do solo, especialmente nas camadas superficiais, reforçando a importância da cobertura vegetal contínua e da rotação de culturas na sustentabilidade dos sistemas de sucessão agrícola.

Análise comparativa entre os três sistemas de uso do solo

O sistema de uso da mata nativa ocorre sobre um Neossolo, solo jovem e pouco desenvolvido, conforme classificação da EMBRAPA (2018), caracterizado por horizonte A delgado, ausência de horizontes diagnósticos bem definidos, refletindo sua juventude pedogenética. São solos geralmente rasos, com baixa fertilidade natural, reduzida capacidade de retenção de água e, muitas vezes, alta suscetibilidade à erosão, especialmente em áreas inclinadas. Esses solos ocorrem em diferentes contextos geográficos, de regiões montanhosas a planícies, e sua composição depende do material de origem, podendo conter elevados teores de areia, cascalho ou fragmentos rochosos.

Apesar de suas limitações químicas e físicas, o Neossolo sob vegetação nativa apresentou cromas complexos e intensos, com zonas bem definidas e gradientes marcados de cor, refletindo a alta atividade biológica e o equilíbrio orgânico-mineral promovido pela cobertura permanente de serrapilheira. Essa condição demonstra que mesmo em solos jovens e naturalmente pobres, a estabilidade ecológica e o aporte contínuo de matéria orgânica são capazes de sustentar um sistema edáfico saudável e funcional.

Os sistemas de uso da horta agroecológica e da área experimental com sucessão trigo/soja, por sua vez, localizam-se sobre Latossolo Vermelho Distroférrico Típico, pertencente à unidade de mapeamento de Santo Ângelo/RS, conforme classificação da EMBRAPA (2018). Trata-se de um solo profundo, bem drenado e de textura argilosa, com baixa fertilidade natural, elevada acidez e alta saturação por ferro, características marcantes dos solos distroféricos.

Apresenta coloração vermelha intensa, associada ao alto teor de óxidos de ferro, e excelente estrutura física, com boa porosidade e permeabilidade, favorecendo o crescimento radicular. Apesar da limitação química, esses solos possuem condições físicas favoráveis ao manejo agrícola, desde que sejam realizadas correções de acidez e adubação equilibrada.

Nos cromas, essas propriedades se manifestam em padrões bem estruturados, com zonas centrais intensas e transições suaves, indicando atividade biológica moderada a alta e boa estabilidade física. No caso da horta agroecológica, o manejo orgânico vem promovendo regeneração gradual da estrutura e incremento da biologia do solo, especialmente em profundidade. Já na sucessão trigo/soja sob plantio direto, a manutenção da cobertura vegetal e a ausência de revolvimento têm garantido cromas

estáveis e bem definidos na superfície, ainda que com redução da complexidade nas camadas inferiores, reflexo do menor aporte orgânico em profundidade.

Em um contexto de intensificação do uso do solo e busca por sistemas produtivos sustentáveis, a análise integrada do solo, considerando atributos físicos, químicos e biológicos, torna-se essencial para a preservação da fertilidade e da biodiversidade edáfica. Métodos complementares, como a Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP), permitem compreender o solo como um organismo vivo e dinâmico, ampliando a capacidade de diagnóstico e orientando práticas de manejo mais regenerativas e conscientes.

A análise comparativa dos cromas obtidos nos três sistemas de uso evidencia diferenças marcantes na dinâmica biológica e estrutural dos solos, demonstrando que o tipo de manejo exerce influência direta sobre a vitalidade e o equilíbrio edáfico, refletindo-se na coloração, nitidez e complexidade dos cromatogramas. Essas variações expressam a resposta do solo às condições de uso e conservação, revelando como a intensidade das práticas agrícolas, o tempo de adoção dos sistemas e a presença de cobertura vegetal contínua afetam, de forma integrada, os processos físicos, químicos e biológicos que sustentam sua funcionalidade ecológica.

A mata nativa apresentou cromas mais complexos e intensos, com zonas bem delimitadas e gradientes de cor definidos, expressando alta estabilidade ecológica, equilíbrio entre as frações orgânicas e minerais e presença de uma microbiota diversificada e ativa. Esses resultados ressaltam o papel fundamental da serrapilheira na manutenção da matéria orgânica e na formação de agregados estáveis, que favorecem a infiltração de água, aeração e ciclagem natural de nutrientes. A ausência de revolvimento e a cobertura vegetal permanente mantêm o solo em estado de equilíbrio dinâmico, consolidando-o como referência de qualidade e saúde do solo.

Na horta agroecológica, os cromas apresentaram padrões intermediários, caracterizados por menor intensidade superficial, mas com sinais evidentes de regeneração em profundidade. Esse comportamento indica um processo de consolidação do manejo agroecológico, resultado de práticas como adubação orgânica, uso de compostos e exclusão de insumos sintéticos. A recuperação gradual observada sugere melhora contínua da biologia e da estrutura do solo, com tendência ao aumento da estabilidade dos agregados e da atividade microbiológica. No entanto, a camada superficial ainda requer maior atenção quanto ao reforço da cobertura

morta e ao aporte constante de matéria orgânica, fatores essenciais para acelerar a regeneração plena do sistema.

A área sob sucessão trigo/soja, conduzida em sistema de plantio direto de longa duração, apresentou cromas com coloração central intensa e anéis bem definidos na camada superficial, indicando alta atividade biológica e presença de matéria orgânica ativa. Entretanto, observou-se leve redução da complexidade e intensidade dos padrões cromáticos em profundidade, reflexo da limitação natural do aporte orgânico nas camadas inferiores. Mesmo assim, o sistema demonstrou eficiência na conservação da estrutura do solo e na manutenção dos processos biológicos após anos de uso contínuo, evidenciando a contribuição do plantio direto para a sustentabilidade agrícola e a preservação da fertilidade.

Os resultados obtidos reforçam que o nível de cobertura vegetal e o grau de intervenção antrópica são determinantes para a manutenção da vitalidade do solo. A cobertura orgânica atua como barreira física contra a radiação solar e o impacto direto das gotas de chuva, reduzindo a erosão e a perda de matéria orgânica (Volk; Trindade, 2023). Tais efeitos já haviam sido destacados por Primavesi (1992) ao enfatizar a importância da cobertura vegetal na preservação da “vida do solo”, e seguem amplamente comprovados por estudos mais recentes de conservação e manejo sustentável (Curi et al., 2017; Silva; Lima; Curi, 2018), os quais demonstram que a manutenção de cobertura permanente, seja por palhada, vegetação ou serrapilheira, é fundamental para reduzir o impacto das chuvas, moderar a temperatura do solo e preservar sua estrutura e funcionalidade biológica.

Essas observações corroboram os achados de Pinheiro (2011) e Pilon et al. (2018), que destacam a CCP como uma ferramenta sensível e integradora, capaz de representar visualmente a vitalidade do solo e o equilíbrio entre seus componentes físico-químicos e biológicos. Assim, a CCP consolida-se como método complementar às análises laboratoriais convencionais, oferecendo uma leitura qualitativa da saúde do solo e contribuindo para o entendimento das diferenças entre sistemas naturais e manejados sob distintas formas de uso e conservação.

Análise físico-química dos solos nos três sistemas de uso

A análise físico-química dos solos complementa a interpretação obtida pela CCP, oferecendo dados quantitativos sobre fertilidade, acidez, textura e disponibilidade de nutrientes. A integração entre ambos os

métodos permite compreender como o manejo e as condições ambientais influenciam o equilíbrio entre os componentes orgânicos e minerais e a capacidade do solo de sustentar processos biológicos e produtivos. A Tabela 2 apresenta os resultados das análises físico-químicas dos solos nos três sistemas de uso, com os principais atributos relacionados à fertilidade e estrutura.

Tabela 1 - Atributos de solos nos três sistemas de uso (camada 0-20 cm).

Prof. m	pH água	SMP	M.O %	K mg dm ⁻³	P %	Al cmol _c dm ⁻³	Ca %	Mg %	Argila	H+Al	CTC _{pH7,0} cmol _c dm ⁻³	CTC _{efetiva} cmol _c dm ⁻³	valor V %	Valor m
MATA NATIVA														
0,0-0,20	5,7	5,9	5,0	251,0	10,6	0,0	12,6	2,6	28	4,9	24,3	19,5	79,9	0,2
Interp.			Méd				Alt	Alt	Cla 3			Alta		
HORTA AGROECOLÓGICA														
0,0-0,20	5,5	5,7	2,7	284	22,8	0,0	6,9	3,2	64	6,2,	13,5	7,5	54,3	2,1
Interp.			Méd				Alt	Alt	Cla 1			Média		
SUCESSÃO TRIGO/SOJA (ÁREA EXPERIMENTAL)														
0,0-0,20	5,6	5,7	3,1	70	4,8	0,0	7,1	3,0	67	5,5	11,6	6,3	52,5	4,4
Interp.			Méd	Méd	baix		Alt	Alt	Cla 1			Média		

Legenda: MO (matéria orgânica), Potássio (K), Fósforo (P) Alumínio (Al), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), H+AL= acidez potencial, Matéria orgânica, Capacidade de Troca de Cátions (CTC pH7,0) , Capacidade de Troca de Cátions efetiva (CTC_{efetiva}), Saturação da CTCpH7,0 por bases (valor V), Saturação da CTC efetiva por Al (valor m).

A interpretação dos resultados físico-químicos evidencia variações expressivas entre os sistemas de uso, especialmente no teor de argila, atributo que exerce influência direta sobre a estrutura, a fertilidade e a atividade biológica do solo. A área de mata nativa (28%) apresentou solo de baixa fertilidade natural, característica típica dos Neossolos, conforme também evidenciado nas observações de campo, com textura arenosa, presença de pedregulhos e baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (EMBRAPA, 2018). Já os solos da horta agroecológica (64%) e da área de sucessão trigo/soja (67%) são classificados como argilosos (Lima, 2007; EMBRAPA, 2018), com maior capacidade de retenção hídrica e adsorção de nutrientes. Contudo, o uso agrícola contínuo e o menor aporte de matéria orgânica tendem a promover compactação e redução da

oxigenação, o que contribui para a menor diversidade biológica observada nos sistemas intensivos, em comparação à área de mata nativa.

O pH do solo, responsável por regular a concentração de íons H⁺ e a disponibilidade de nutrientes (Campos; Saldanha; Teixeira, 2017), apresentou valores semelhantes entre os sistemas, variando de 5,5 a 5,9, faixa considerada levemente ácida. Essa condição é típica dos solos da região Noroeste do Rio Grande do Sul (CQFS-RS/SC, 2016) e, quando associada à alta atividade biológica, não representa limitação significativa. Na horta agroecológica, o pH ligeiramente menor (5,5) pode estar relacionado à decomposição ativa da matéria orgânica, que libera ácidos húmicos e fúlvicos, evidenciando um processo natural de regeneração e equilíbrio biogeoquímico (Hartemink; Barrow, 2023).

Os teores de fósforo variaram significativamente entre as áreas: a horta agroecológica apresentou o maior valor (22,8 mg dm⁻³), seguida pela mata nativa (10,6 mg dm⁻³) e pela área de sucessão trigo/soja (4,8 mg dm⁻³). Essa diferença reflete o tipo de manejo adotado: na horta, a adição de compostos orgânicos e o uso de adubos verdes promovem liberação gradual de fósforo e aumento da atividade microbiana, ampliando a disponibilidade do nutriente; enquanto na sucessão trigo/soja, o uso contínuo e o baixo aporte orgânico favorecem a depleção de P nas camadas superficiais (Campos; Saldanha; Teixeira, 2017; CQFS-RS/SC, 2016).

Na sucessão trigo/soja, o teor de potássio (70 mg dm⁻³) foi considerado baixo, indicando provável extração superior à reposição e possível lixiviação em períodos de elevada pluviosidade. O potássio é um elemento móvel e fortemente dependente da presença de matéria orgânica e da mineralogia do solo (Kozerski, 2023). A ausência de adubação orgânica e a menor cobertura vegetal entre ciclos produtivos explicam os teores reduzidos, ao passo que, na horta, o uso de compostos e restos culturais favorece teores mais equilibrados, e na mata, a ciclagem da serrapilheira mantém o potássio disponível.

Em relação à matéria orgânica, observou-se sua influência direta na estrutura, retenção de água e atividade da fauna edáfica. A mata nativa (5,1%) e a horta agroecológica (5,7%) apresentaram valores superiores à sucessão trigo/soja (3,1%), evidenciando o papel do manejo orgânico e da cobertura vegetal na manutenção do carbono no solo. A MO, composta por resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição (Brasil, 2023), atua como substrato essencial para a ciclagem de nutrientes e a estabilidade dos agregados, refletindo diretamente na vitalidade do solo.

Os atributos químicos (P, K, Ca, Mg, Al e H^+Al) e físicos (argila e umidade) demonstraram forte interdependência. Solos com maior teor de matéria orgânica e boa aeração, como na horta e na mata, apresentaram maior capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases, indicando equilíbrio entre acidez e disponibilidade de nutrientes (CQFS-RS/SC, 2016). O maior teor de cálcio na mata nativa (12,6 cmolc dm^{-3}) reflete a ciclagem biogeoquímica proporcionada pela vegetação perene e pela decomposição contínua da serrapilheira.

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas reforçam e complementam as interpretações derivadas da Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP). Enquanto a CCP revelou a dimensão biológica e estrutural dos solos, destacando padrões de vitalidade e equilíbrio ecológico, as análises laboratoriais forneceram dados quantitativos que confirmaram e aprofundaram essas interpretações. Em nenhum dos sistemas avaliados houve contradição entre os resultados, ao contrário, a integração das abordagens reforça a compreensão holística da qualidade do solo e da influência do manejo sobre sua funcionalidade ecológica.

Conclusões

A integração entre a Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) e as análises físico-químicas convencionais possibilitou uma compreensão ampla e detalhada da qualidade e da funcionalidade dos solos avaliados. Os resultados demonstraram que a CCP é uma ferramenta sensível, acessível e complementar às análises laboratoriais tradicionais, permitindo interpretar não apenas a fertilidade, mas também a vitalidade e o equilíbrio ecológico do solo.

Nos três sistemas de uso: mata nativa, horta agroecológica e sucessão trigo/soja, observou-se plena convergência entre as metodologias, evidenciando que os solos mais equilibrados biologicamente também apresentam melhores atributos físico-químicos. A mata nativa, ainda que formada sobre um Neossolo de baixa fertilidade química, apresentou alta estabilidade ecológica e intensa atividade biológica, resultado da cobertura permanente de serrapilheira e da ausência de revolvimento. A horta agroecológica mostrou sinais consistentes de regeneração, especialmente em profundidade, confirmando o potencial das práticas agroecológicas para restabelecer a vitalidade e o equilíbrio do solo. Já o sistema de sucessão trigo/soja, conduzido sob plantio direto, apresentou estrutura estável e

boa atividade biológica superficial, reforçando a importância da cobertura vegetal contínua e da rotação de culturas para a sustentabilidade agrícola.

De forma integrada, os resultados indicam que a saúde do solo depende do equilíbrio dinâmico entre suas dimensões físicas, químicas e biológicas, e não apenas da disponibilidade de nutrientes. Manter a cobertura vegetal permanente, seja por palhada, serrapilheira ou adubos verdes, é essencial para estabilizar os agregados, moderar a temperatura, reduzir a erosão e preservar a atividade biológica. Também se destaca a necessidade de incrementar o teor e a qualidade da matéria orgânica e ajustar os níveis de nutrientes, especialmente fósforo e potássio, assegurando o equilíbrio nutricional e o desenvolvimento sustentável das culturas. A mata nativa, por sua vez, configura-se como referência funcional e ecológica para calibrar metas de qualidade e vitalidade do solo nas áreas agrícolas.

Assim, a aplicação combinada da CCP e das análises físico-químicas consolida-se como um modelo eficaz de diagnóstico integrado, capaz de revelar simultaneamente a estrutura, a fertilidade e a vitalidade dos solos. Essa abordagem amplia a compreensão das interações entre as dimensões edáficas e fornece subsídios técnicos e científicos para o manejo conservacionista, a agricultura sustentável e o monitoramento da qualidade do solo em distintos contextos de uso e conservação.

Por fim, os resultados obtidos reafirmam o alinhamento desta pesquisa aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente aos ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) e ODS 15 (Vida Terrestre). A integração entre ciência, conservação e práticas agroecológicas representa não apenas um avanço técnico, mas um compromisso ético com a construção de sistemas produtivos mais resilientes, regenerativos e socialmente sustentáveis.

Referências

- ALTIERI, M. A. **Agroecologia:** bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecologia:** ciência e política para uma transição agroecológica. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017.
- ALVES, B. J. R. et al. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes

nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 3, p. 449–456, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2006.v41.7158>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 global**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.htm>. Acesso em: 4 abr. 2023.

CAMPOS, D. V. B.; SALDANHA, M. F. C.; TEIXEIRA-CÉSAR, P. Fósforo disponível. In: TEIXEIRA-CÉSAR, P.; DONAGEMMA, G. K. A. F.; TEIXEIRA-GERALDES, W. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 204–207.

CQFS-RS/SC – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2016.

CURI, N. et al. **Solo e sustentabilidade ambiental**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017.

CRUZ, S. N. da et al. Qualidade do solo estimada por técnicas de baixo custo: Cromatografia de Pfeiffer como ferramenta de avaliação agrícola e ambiental de solos na agricultura familiar. **Revista Valore**, v. 8, p. 85–102, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22408/rev802023125585-102>.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3–21.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Adubação verde e rotação de culturas: práticas para recuperação e manutenção da fertilidade do solo**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

FARIAS, K. L. et al. Impactos da vegetação sobre a estrutura e propriedades dos solos em diferentes estádios de regeneração de uma floresta tropical. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 100, p. 583–594, 2013.

GOMES, L. C. et al. Cobertura morta e qualidade do solo: benefícios para sistemas agroecológicos. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 1, p.

1–10, 2019.

HARTEMINK, A. E.; BARROW, N. J. Soil pH–nutrient relationships: the diagram. **Plant and Soil**, v. 486, p. 209–215, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-022-05861-z>. Acesso em: 4 abr. 2024.

KOZERSKI, L. P. **Atributos químicos de diferentes ambientes edáficos no Vale do Jamari – RO**. 2023. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Centro Universitário FAEMA, Ariquemes, RO, 2023.

LAL, R. Soil health and carbon management. **Food and Energy Security**, v. 5, n. 4, p. 212–222, 2016.

LIMA, M. R. Noções de morfologia do solo. In: LIMA-VALMIQUI, C.; LIMA-MARCELO.; MELO, V. F. (ed.). **O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. p. 17–26.

LOSS, A. et al. Compostagem e qualidade do solo: alternativas sustentáveis para a agricultura familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 56–65, 2011.

MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. **Matéria orgânica do solo: métodos de análise e importância para o solo e plantas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

NOGUEIRA, S. F. et al. Indicadores biológicos de qualidade do solo: uso e aplicações na agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, e0210123, 2022.

PEREIRA, J. M. et al. Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 242–257, jan./mar. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/7sLkzPHbnzftzH7FNKymyvw/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

PFEIFFER, E. **Chromatography applied to quality testing: agriculture and nutrition**. Garden City: Anthroposophic Press, 1984.

PILON, J. L. et al. Cromatografia circular de Pfeiffer como ferramenta de avaliação da qualidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 214–224, 2018.

PILON, L. C.; CARDOSO, J. H.; MEDEIROS, F. S. **Guia prático de Cromatografia de Pfeiffer**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2018. (Documentos, 455).

PINHEIRO, S. **Cartilha da saúde do solo (cromatografia de Pfeiffer).** Porto Alegre: Salles, 2011.

PINHEIRO, L. A. **Cromatografia de Pfeiffer: solo, composto, qualidade biológica.** 2. ed. Curitiba: Edição do autor, 2011.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** 2. ed. São Paulo: Nobel, 1992.

SANTOS, L. A. et al. Cromatografia de Pfeiffer na avaliação de solos em diferentes usos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 16, n. 2, 2021.

SILVA, S. H. G.; LIMA, J. M.; CURI, N. Cobertura vegetal e conservação do solo em sistemas agroecológicos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 45–59, 2018.

SIQUEIRA, M. F. Fentogramas e leitura energética do solo: uma nova abordagem para interpretação de cromas. **Revista de Agricultura Biodinâmica**, v. 7, p. 44–52, 2016.

SIQUEIRA, I. **Avaliação da fertilidade e vitalidade do solo pela chromatografia de Pfeiffer e seu potencial para motivar manejos agroecológicos.** 2016. 37 f. Monografia (Especialização em Agricultura Familiar e Educação no Campo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

SIQUEIRA, I. et al. A construção da insustentabilidade da agricultura: uma história oculta, teses e modelos em disputa. In: PICCIN, M. B. (coord.); COSTA, M. I. E. et al. (org.). **Tecnologias de produção, cooperação e agroindústria.** v. 3. Rio de Janeiro: Bonecker, 2017. p. 13–40.

TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; ROSSI JUNIOR, W. Resistência tênsil e friabilidade de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 33–42, fev. 2008.

VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P. Água no solo em sistemas pecuários. In: SILVEIRA, M. C. T. da; TRENTIN, G. (ed.). **Manejo da água na pecuária: aplicação de conceitos, princípios e práticas para racionalizar seu uso.** Brasília, DF: Embrapa, 2023. p. 30–41.

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS DE LEITE E DE CORTE NA REGIÃO SUL DO BRASIL E NORMANDIA DA FRANÇA¹

AMATH NDAO²; ROBERTO CARBONERA³

¹Pesquisa realizada no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS); Linha de Pesquisa em Meio Ambiente e Sustentabilidade do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí, RS.

²Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: amath.ndao@sou.unijui.edu.br;

³Professor, Doutor, Agronomia e Mestrado em Sistemas Ambientais, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br;

Introdução

Aagropecuária, em suas diversas modalidades, constitui-se como uma das principais atividades econômicas no cenário global, desempenhando papel central na produção de alimentos e na geração de renda. Dentre suas várias vertentes, a pecuária de leite e de corte destaca-se tanto pela importância socioeconômica quanto pelos impactos ambientais associados ao seu desenvolvimento, especialmente, no contexto das mudanças climáticas, da degradação dos recursos naturais e da perda de biodiversidade (Fernandes *et al.*, 2021; Leal *et al.*, 2022).

Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2022), o setor agropecuário responde por cerca de 24% das emissões globais de GEE, com destaque para o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). No Brasil, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2023), a agropecuária representa mais de 70% das emissões de CH_4 , principalmente, pela bovinocultura. Na França, o *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA, 2023) indica que a pecuária responde a 48% das emissões agrícolas.

A intensificação produtiva, observada sobretudo nas últimas décadas, ampliou significativamente a capacidade de produção das cadeias pecuárias, mas também agravou pressões ambientais que demandam respostas urgentes. Em regiões com forte tradição agropecuária, como a região Sul do Brasil e a Normandia, na França, observa-se um crescente debate sobre a necessidade de equilibrar a produtividade com a sustentabilidade ambiental, buscando práticas agropecuárias mais resilientes e adaptadas às exigências contemporâneas (Duarte *et al.*, 2023; Rolland *et al.*, 2021).

A agropecuária é um dos setores econômicos mais importantes tanto na França quanto no Brasil, contribuindo significativamente para a produção de alimentos e o desenvolvimento econômico dessas nações. Entretanto, as atividades agropecuárias, que englobam a produção de grãos, criação de gado para corte e leite, entre outras práticas, causam impactos ambientais significativos que vêm ganhando destaque na agenda ambiental global.

No Brasil, a pecuária extensiva, especialmente na região Sul, é responsável por alterações profundas no uso do solo, emissão de gases de efeito estufa (GEE), e contaminação de recursos hídricos (Silva *et al.*, 2022). Na França, apesar de sistemas mais intensificados e tecnologias modernas, a agropecuária também provoca poluição por nitratos, uso intensivo de pesticidas, e contribuições consideráveis para a emissão de GEE (Dubois *et al.*, 2021).

Apesar das contribuições econômicas, a pecuária é reconhecida como uma das atividades agroindustriais com maior potencial de impacto ambiental, afetando diretamente a qualidade do solo, da água, do ar e da biodiversidade (FAO, 2020). Entre os principais problemas ambientais associados estão a emissão de gases de efeito estufa (GEE), a degradação dos solos por compactação e superpastejo, o uso intensivo de recursos hídricos, a poluição por dejetos animais e a perda de cobertura vegetal nativa.

A análise dos impactos ambientais deve ser baseada em critérios objetivos, que possam ser medidos, comparados e monitorados ao longo do tempo. Nesse sentido, os indicadores ambientais são ferramentas essenciais para quantificar e compreender as pressões exercidas pela atividade agropecuária sobre os ecossistemas, permitindo a formulação de políticas públicas, ações corretivas e a adoção de práticas mais sustentáveis (Brandão *et al.*, 2021).

A região Sul do Brasil, composta pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, caracteriza-se por um modelo produtivo

historicamente voltado à pecuária, com destaque para a produção de leite e carne bovina. A atividade agropecuária nesta região tem forte impacto na economia local, sendo também um dos principais vetores de alteração dos ecossistemas, sobretudo no que se refere ao uso intensivo do solo e à emissão de gases de efeito estufa (GEE) (Silva *et al.*, 2022). Por sua vez, a região da Normandia, situada no noroeste da França, é tradicionalmente reconhecida pela pecuária leiteira, com elevada produtividade e forte integração com a indústria de laticínios. A região apresenta políticas ambientais rigorosas, mas também enfrenta desafios relacionados ao manejo de dejetos, à emissão de GEE e à pressão sobre os recursos hídricos, aspectos frequentemente associados à expansão e intensificação da produção pecuária (Perrin *et al.*, 2020; Richard *et al.*, 2024).

Nesse cenário, torna-se imprescindível compreender as especificidades e semelhanças entre os impactos ambientais oriundos da pecuária nas duas regiões, tendo em vista suas particularidades geográficas, sociais e econômicas. A análise comparativa possibilita identificar boas práticas e estratégias de mitigação que possam ser adaptadas a diferentes contextos, contribuindo para o fortalecimento da sustentabilidade agropecuária global (Gonçalves *et al.*, 2021).

Este estudo fundamenta-se na necessidade de aprofundar a compreensão sobre os impactos ambientais da pecuária de leite e de corte, considerando aspectos como emissões de GEE, degradação do solo, uso da água, manejo de resíduos e efeitos sobre a biodiversidade. Além disso, busca-se avaliar como fatores institucionais, culturais e econômicos influenciam o desempenho ambiental dos sistemas pecuários em cada região analisada.

A pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, composta por duas etapas complementares. A primeira, de natureza qualitativa, consiste na realização de uma revisão bibliográfica sistemática, abrangendo publicações acadêmicas recentes (2020-2025) sobre os impactos ambientais da pecuária nas regiões em estudo. A segunda etapa, de caráter quantitativo e exploratório, envolve a aplicação de questionários a produtores de leite e carne das duas regiões, com o objetivo de coletar dados primários sobre práticas produtivas, percepções ambientais e estratégias de mitigação.

Dessa forma, a presente dissertação tem como objetivo geral analisar e comparar os impactos ambientais gerados pelas atividades da pecuária de leite e de corte na região Sul do Brasil e na região de Normandia, França, com foco nos aspectos ambientais e socioeconômicos que caracterizam os sistemas produtivos locais.

A agropecuária desempenha papel central nas economias e sociedades tanto da França quanto do Brasil, sendo responsável pela produção de alimentos, geração de emprego e contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) desses países (IBGE, 2022; FAO, 2021). Contudo, as atividades agropecuárias têm gerado impactos ambientais significativos que comprometem a sustentabilidade dos ecossistemas locais e globais. Entre os principais impactos destacam-se a emissão de gases de efeito estufa (GEE), o desmatamento, a degradação do solo, a poluição hídrica e a perda de biodiversidade (IPCC, 2022; Meirelles *et al.*, 2020).

No contexto brasileiro, a expansão da pecuária, especialmente na região Centro-Oeste e Sul, não está associada ao desmatamento e à conversão de áreas naturais em pastagens, o que resulta na redução da cobertura vegetal e no desequilíbrio dos ciclos naturais de carbono e nutrientes (Ferreira *et al.*, 2021; Araújo *et al.*, 2023). Além disso, o manejo intensivo e o uso de insumos agrícolas impactam diretamente a qualidade da água e do solo (Silva *et al.*, 2020). Já na França, a agropecuária, em especial na região da Normandia, apresenta desafios distintos, como o manejo da pecuária intensiva e os efeitos da poluição difusa, relacionada ao uso de fertilizantes e pesticidas, que afetam a qualidade dos corpos d'água e a biodiversidade local (Dubois *et al.*, 2022; Leroy *et al.*, 2021).

Deve-se notar, no entanto, que alguns desses fatores de produção têm impacto no meio ambiente, como a poluição por dejetos animais e agrotóxicos, a erosão, a degradação e a compactação do solo e a contaminação das águas. As consequências desses impactos incluem ainda reduções nas populações de animais, extinção de espécies, redução na diversidade biológica e perda de variedades.

A problemática central reside, portanto, na necessidade de compreender como as práticas agropecuárias nos dois países, com diferentes contextos socioeconômicos e ambientais, contribuem para os impactos ambientais e quais estratégias podem ser adotadas para mitigar esses efeitos, promovendo uma agropecuária sustentável. Esta análise é urgente diante das metas internacionais de redução das emissões de GEE, conservação ambiental e garantia da segurança alimentar (ONU, 2015; FAO, 2020).

A questão de pesquisa que norteia este estudo é: “Quais são os principais impactos ambientais causados pelas atividades agropecuárias no Brasil e na França, e como os diferentes modelos de produção influenciam esses impactos? De que forma as políticas ambientais e práticas sustentáveis adotadas em cada país contribuem para mitigar tais impactos?”. A hipótese

proposta sugere que, embora a bovinocultura seja uma atividade com impactos ambientais significativos, a adoção de práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras pode reduzir consideravelmente esses efeitos (Pereira, 2023).

A agropecuária é um setor fundamental para as economias brasileira e francesa, representando uma fonte significativa de alimento, renda e emprego em ambos os países. Contudo, essa atividade, especialmente nos sistemas de produção intensivos e extensivos, é reconhecida mundialmente por seu impacto ambiental expressivo, que inclui o desmatamento, a emissão de gases de efeito estufa (GEE), a contaminação dos recursos hídricos, a degradação dos solos e a perda da biodiversidade (FAO, 2021; IPCC, 2021). Diante do cenário global de mudanças climáticas e da crescente demanda por sustentabilidade, compreender detalhadamente esses impactos nas realidades brasileiras e francesas torna-se uma prioridade acadêmica e prática.

No Brasil, especialmente na região Sul, a agropecuária tem grande importância econômica e social, caracterizando-se por uma produção que combina práticas tradicionais e modelos tecnológicos modernos, que incluem tantos sistemas extensivos, com grandes áreas de pastagem, quanto modelos intensivos que buscam maior produtividade (Pereira *et al.*, 2020). Contudo, esta expansão, associada ao manejo inadequado de resíduos e à falta de políticas ambientais efetivas em algumas regiões, tem contribuído para o aumento da emissão de metano e óxido nitroso, gases diretamente relacionados ao efeito estufa, além da poluição das águas superficiais e subterrâneas por fertilizantes e defensivos agrícolas (Silva *et al.*, 2023). Esses fatores evidenciam a urgência de estudos que possam identificar e propor estratégias mitigadoras para esses impactos ambientais, garantindo a viabilidade econômica da agropecuária sem comprometer a integridade dos ecossistemas locais.

Por outro lado, a França apresenta um modelo agropecuário mais regulado, fortemente influenciado por políticas públicas europeias, como a Política Agrícola Comum (PAC), que incorporam critérios de sustentabilidade ambiental e incentivo a práticas agroecológicas (Leclerc *et al.*, 2022). Ainda assim, o setor enfrenta desafios relacionados à intensificação da produção, que resulta em pressões sobre os recursos naturais e contribui para a emissão de GEE, especialmente em regiões como a Normandia, conhecida pela produção intensiva de leite e carne bovina (INSEE, 2021). Portanto, analisar as estratégias adotadas na França e seus

resultados ambientais é fundamental para estabelecer parâmetros e boas práticas que possam ser adaptados a outras realidades, como a brasileira.

Além da importância econômica e ambiental, essa pesquisa justifica-se pela dimensão social envolvida, visto que a agropecuária impacta diretamente a qualidade de vida das comunidades rurais, a segurança alimentar e a saúde pública (FAO, 2021). Investigar os impactos ambientais sob uma perspectiva comparativa entre Brasil e França permitirá identificar não apenas os efeitos negativos, mas também os avanços tecnológicos e regulatórios que contribuem para a sustentabilidade do setor, fomentando o intercâmbio de conhecimentos entre os países.

No âmbito acadêmico, esta pesquisa preenche lacunas existentes na literatura ao trazer uma análise integrada e comparativa, que considera as especificidades culturais, econômicas e ambientais das duas regiões. A abordagem mista adotada possibilitará uma compreensão abrangente, incluindo dados quantitativos sobre emissões e impactos ambientais, bem como percepções qualitativas dos produtores rurais, gestores e técnicos envolvidos (Creswell, 2014).

Em síntese, a relevância desta dissertação reside na contribuição para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes, no aprimoramento de práticas agropecuárias sustentáveis e na sensibilização da sociedade para a necessidade de uma produção agropecuária que concilie desenvolvimento econômico e preservação ambiental. Com isso, espera-se fortalecer os esforços locais e internacionais para a mitigação dos impactos ambientais, garantindo a resiliência dos sistemas agropecuários frente às mudanças globais.

O objetivo geral do presente trabalho é analisar e comparar os impactos ambientais causados pelas atividades agropecuárias nas regiões Sul do Brasil e da Normandia, França, identificando as principais causas desses impactos e propondo medidas para a mitigação dos efeitos ambientais, considerando as especificidades socioeconômicas e ambientais de cada região.

Os objetivos específicos são:

- a. Mapear as principais práticas agropecuárias utilizadas nas regiões Sul do Brasil e Normandia, França, identificando suas características produtivas e tecnológicas.
- b. Conseguir informações para quantificar e comparar os impactos ambientais decorrentes das atividades agropecuárias nas duas

regiões, com foco nas emissões de gases de efeito estufa, qualidade do solo e recursos hídricos.

- c. Analisar a legislação ambiental vigente nas duas regiões e seu grau de efetividade na mitigação dos impactos agropecuários.
- d. Avaliar as estratégias e tecnologias sustentáveis adotadas por produtores locais para redução dos impactos ambientais.
- e. Propor recomendações para aprimorar práticas agropecuárias sustentáveis, considerando os aspectos ambientais, sociais e econômicos de cada região.

Multi-funções da bovinocultura: similaridade e contrastes entre o Sul do Brasil e a Normandia francesa

A bovinocultura é uma atividade agropecuária que possui papel central no contexto econômico, social e cultural tanto da região Sul do Brasil quanto da Normandia, na França.

A região Sul do Brasil abrange os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Historicamente, a pecuária de corte e de leite estruturou a ocupação territorial e o desenvolvimento econômico dessa região, sendo ainda hoje uma das principais fontes de renda de milhares de famílias rurais (Oliveira, 2024).

O relatório do FMI (2023) destaca que o Brasil enfrenta crescente exposição climática na agricultura, especialmente seca, afetando a produtividade nos setores agrícola e pecuário. Segundo o Banco Mundial (2020):

- Região Sul e Sudeste apresentam padrões típicos de pequenas propriedades familiares, com produtividade contrastante entre pequenos e grandes produtores;
- Média nacional de área de propriedade agrícola—regiões Centro-Oeste registram média de 322 ha por propriedade, enquanto o Sul apresenta menor média (familiares e pequenas propriedades)

Segundo o boletim PAM 2023 (Pesquisa da Produção Agropecuária)

- Rebanho bovino nacional em 2023: atingiu recorde de 238,6 milhões de cabeças, aumento de 1,6 % em relação a 2022.

- Produção de leite 2023: 35,4 bilhões de litros, aumento de 2,4 % frente ao ano anterior, com aproximadamente 15,7 milhões de vacas ordenhadas.
- Valor da produção pecuária total (2023): R\$ 112,3 bilhões, representando 5,4 % de crescimento frente a 2022 .

Embora não haja dados oficiais específicos para a média de SAU ou área média de fazendas de bovinocultura na Região Sul, sabemos que a produtividade regional de leite é a mais alta do país. A produtividade média de leite por vaca no Sul do Brasil: 3.284 litros por vaca por ano, maior do país.

Em 2017, o rebanho bovino na Região Sul representou cerca de 12 % do total nacional, ou aproximadamente 27 milhões de cabeças. O USDA/WRS (2001) observava que a parcelação resultou em redução das áreas médias das fazendas no Sul do Brasil, tendências preservadas até hoje, com predominância de pequenas e médias propriedades familiares.

O Banco Mundial destaca que no Sul e Sudeste, tanto pequenos como grandes estabelecimentos apresentam maior crescimento da produtividade, ao contrário das fazendas médias (20-200 ha) que ficam atrás. Assim, estima-se:

- Área média por propriedade (todas as culturas, Sul): entre 48 e 60 ha, conforme dados do IBGE de 2017 (Sul, 48 ha, RS, 59 ha, PR, 48 ha).
- SAU média específica à bovinocultura não identificada, mas predominante nas regiões com pastagens extensivas.

Segundo Costa (2006), a bovinocultura sulista articula-se de forma complexa com as cadeias produtivas regionais, ao mesmo tempo em que mantém traços culturais tradicionais, como o manejo extensivo e a organização familiar da produção. Além disso, a atividade se configura como um dos pilares do agronegócio brasileiro, contribuindo para a geração de empregos e para o abastecimento de mercados interno e externo.

Dante dessa relevância, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, o papel econômico, social e cultural da bovinocultura no Sul do Brasil, considerando estudos acadêmicos recentes, documentos técnicos e dados estatísticos oficiais. A abordagem proposta permitirá compreender como a pecuária regional se insere nas dinâmicas contemporâneas de produção e comercialização, bem como seus reflexos sobre as estruturas sociais e culturais locais.

No Paraná, estudos recentes mostram que sistemas bovinos especializados de carne valorizam capital social e confiança econômica entre pecuaristas e cooperativas, reduzindo custos de transação e fomentando arranjos institucionais híbridos eficientes (PEREIRA et al., 2024, p. 593-595). Essa lógica fortalece cadeias de carne premium com impacto direto na renda dos produtores, que se organizam cooperativamente ou contratualmente.

A Normandia contava, em 2013, com cerca de 2,2 milhões de bovinos (a maioria lactantes) e 21 500 explorações, das quais 27 % eram especializadas em produção de carne. Entre 2013 e 2022, o efetivo bovino caiu 10 % (-230 mil cabeças), e o número de detentores caiu 25 % (de 20 700 para 15 500). Mesmo assim, os sistemas se ampliaram e se especializaram, com aumento da produtividade e da concentração de bovinos por estabelecimento, especialmente nos sistemas leiteiros (+35 % em tamanho médio).

Quadro 1: Similaridades e especificidades regionais entre o Sul do Brasil e Normandia

Aspecto	Sul do Brasil	Normandia da França
Produção econômica	Forte foco em carne bovina e exportação, sistemas cooperativos e de confiança estratégica	Predominância de sistemas leiteiros com dupla produção (leite+carne), forte integração às Indicações Geográficas (AOC)
Estrutura produtiva	Diversificação entre explorações familiares e médias/profissionais; uso de redes informais e cooperativas	Concentração progressiva, especialização, sistemas ampliaram produtividade apesar da redução de número de criadores
Papel social	Produção como fonte de renda e coesão comunitária, confiança nas transações	Forte vínculo com identidade local, preservação de raça, geração de trabalho e turismo rural
Bovinocultura	Linhos de criação adaptáveis, valorização da carne de qualidade	Raça Normande como símbolo cultural e ambiental, ligada a produtos regionais e marcas fortes
Sustentabilidade ambiental	Alguns sistemas intensivos; pressão sobre pastagens e recursos	Valorização de práticas extensivas, biodiversidade e menor impacto por uso de raça rústica e diversificação produtiva (laitier+viande)

O papel econômico da bovinocultura no Sul do Brasil

A bovinocultura de corte e de leite desempenha função estratégica na economia da Região Sul, sendo responsável por expressivos volumes de produção e exportação. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a região responde por aproximadamente 30% da produção nacional de carne bovina e 33% da produção de leite, consolidando-se como um dos principais pólos agropecuários do país.

Estudo realizado por Oliveira (2024) aponta que, no Rio Grande do Sul, por exemplo, a bovinocultura representa aproximadamente 15% do Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário estadual, com destaque para os municípios das regiões da Campanha e Fronteira Oeste, em que a atividade está diretamente vinculada à geração de emprego e renda. Segundo a autora: “A pecuária de corte no Rio Grande do Sul está fortemente vinculada aos ciclos de preços da arroba do boi gordo, que influenciam diretamente o comportamento de investimento e reprodução do rebanho” (Oliveira, 2024, p. 38).

Além disso, dados do Programa +Pecuária Brasil (2025) demonstram que investimentos em melhoramento genético e gestão sustentável têm impulsionado a produtividade na região, com impactos positivos no aumento da renda rural e na movimentação econômica dos municípios: “O programa injetou R\$ 5,7 bilhões em ativos econômicos na pecuária de corte e leite, promovendo aumento na produção e gerando empregos diretos e indiretos” (SECOM, 2025, p. 12).

Os custos de produção da bovinocultura variam conforme o sistema de criação adotado (extensivo, semi-intensivo ou intensivo). Pesquisa de Pötter et al. (2008) revela que os principais fatores de custo na atividade são a terra (19,9%), a mão de obra (18,3%) e a suplementação alimentar (13,6%). Apesar dessas despesas, a atividade tem demonstrado viabilidade econômica, especialmente, nos sistemas de ciclo completo e integração com lavouras.

Costa (2006), ao analisar diferentes modelos de produção, destaca que a diversificação das atividades agropecuárias e a adoção de práticas de manejo mais eficientes podem ampliar a lucratividade: “A integração lavoura-pecuária, além de reduzir custos com alimentação, promove o uso racional do solo, o que contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental das propriedades” (Costa, 2006, p. 74).

No Sul do Brasil, a bovinocultura está no cerne das comunidades rurais. Os produtores frequentemente participam de cooperativas e redes sociais que sustentam confiança mútua, solidariedade e práticas compartilhadas. A governança local se baseia em normas informais que facilitam a coordenação econômica e social (PEREIRA et al., 2024, p. 595-597)

A bovinocultura desempenha um papel essencial na agricultura familiar da Região Sul, constituindo uma das atividades agropecuárias mais difundidas entre pequenos e médios produtores. Em estudo realizado no município de Bagé (RS), Silva, Sousa e Castro (2007) constataram que a pecuária é predominante entre agricultores familiares, com forte dependência da mão de obra familiar: “80% dos agricultores pesquisados exploram áreas de até 200 hectares e 87,5% utilizam mão de obra exclusivamente familiar para as atividades pecuárias” (Silva; Sousa; Castro, 2007, p. 3).

Essas características indicam a importância da bovinocultura não apenas como fonte de renda, mas também como elemento estruturante do modo de vida rural, especialmente em regiões como a Campanha Gaúcha e o Oeste Catarinense.

No Sul do Brasil, a bovinocultura está no cerne das comunidades rurais. Os produtores frequentemente participam de cooperativas e redes sociais que sustentam confiança mútua, solidariedade e práticas compartilhadas. A governança local se baseia em normas informais que facilitam a coordenação econômica e social (PEREIRA et al., 2024, p. 595-597)

No município de Três Passos (RS), Pletsch *et al.* (2019) analisaram propriedades rurais que desenvolvem atividades de bovinocultura associadas à agricultura familiar, evidenciando a relação entre a produção pecuária e a reprodução social dessas famílias: “Os produtores familiares buscam o equilíbrio entre a dimensão econômica e ambiental, mas enfrentam desafios como a sucessão familiar e o acesso a mercados diferenciados” (Pletsch *et al.*, 2019, p. 65).

Diversos tipos coexistem: pequenos criadores familiares, médios produtores integrados a cooperativas, e grandes unidades tecnificadas. Todos imersos em redes de confiança e instituições informais que sustentam a governança da cadeia (PEREIRA et al., 2024, p. 596-597).

Os criadores normandos vêm consolidando sistemas mais amplos e especializados; houve concentração de atividades, com redução do número

de detentores e aumento do rebanho médio, especialmente nos sistemas leiteiros (efeito ODS-Observatoire). Muitos seguem diretrizes associativas (coopératives, réseau Évolution) e práticas de seleção genética da raça chamada normande, articulando sustentabilidade econômica e ambiental (coopération - índices de qualidade, software Simunor, elevados níveis de robustez

Além de representar uma atividade de identidade regional, a bovinocultura contribui expressivamente para a geração de empregos diretos e indiretos no Sul do Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a pecuária bovina responde por 19% do total de postos de trabalho no setor agropecuário da região, com destaque para o segmento de produção de carne.

Para Silva et al. (2021), a importância social da atividade não se restringe ao campo, pois também impulsiona cadeias produtivas urbanas, como o comércio de insumos agropecuários e as agroindústrias de processamento de carnes e lácteos. “A bovinocultura movimenta uma ampla rede de atividades econômicas, promovendo efeitos multiplicadores significativos nas economias locais e regionais” (SILVA et al., 2021, p. 8).

A bovinocultura no Sul do Brasil transcende seu caráter econômico e social, integrando-se como um dos principais elementos culturais da região, especialmente no estado do Rio Grande do Sul. A prática pecuária está fortemente relacionada à formação histórica e à identidade do povo gaúcho, com raízes que remontam ao século XVIII, período em que surgiram as primeiras charqueadas no estado (Silveira, 2020).

Conforme afirma Silveira (2020), a pecuária não apenas estruturou a economia regional, mas também consolidou práticas culturais, como a figura do gaúcho, o uso da pilcha, as danças típicas e a culinária baseada no churrasco e no charque: “A figura do gaúcho e o tradicionalismo gaúcho são frutos diretos da estruturação econômica e social promovida pela pecuária, que forjou não apenas uma economia, mas um modo de vida” (Silveira, 2020, p. 45).

Além disso, a pecuária contribuiu para a manutenção de práticas culturais de origem africana e indígena, particularmente nas antigas regiões de charqueadas, em que a presença de negros escravizados também influenciou profundamente a cultura local (Fonseca; Nascimento, 2022).

Os saberes associados à criação de bovinos são amplamente transmitidos entre gerações, preservando técnicas tradicionais de manejo, doma e pastoreio, além de práticas festivas vinculadas à pecuária, como

rodeios e feiras agropecuárias. Segundo Santos e Moraes (2021), a transmissão desses conhecimentos constitui um patrimônio cultural imaterial na região: “O saber-fazer do campo gaúcho, representado pela pecuária, guarda técnicas ancestrais que ainda hoje são fundamentais para a manutenção das atividades rurais e da identidade regional” (Santos; Moraes, 2021, p. 29).

A pecuária também está presente nas expressões artísticas regionais, como a música nativista, que retrata o cotidiano do campo e a lida com o gado, além de integrar-se aos festejos do Movimento Tradicionalista Gaúcho (MTG) e aos Centros de Tradições Gaúchas (CTGs).

A territorialidade associada à pecuária bovina no Sul do Brasil é marcada pela persistência de práticas extensivas de criação, que moldam a paisagem e a organização espacial das propriedades rurais. De acordo com Oliveira (2024), o modelo tradicional de pecuária, embora atualmente pressionado por transformações tecnológicas e pela expansão agrícola, mantém forte vínculo com a territorialidade regional: “O campo sul-brasileiro segue sendo o espaço simbólico do gaúcho e da pecuária, mesmo diante da modernização agropecuária e da intensificação de outras culturas” (Oliveira, 2024, p. 52).

Essa territorialidade é ainda reforçada por eventos, como a Expointer, uma das maiores feiras agropecuárias da América Latina, realizada anualmente no Rio Grande do Sul, que celebra a cultura rural e a importância da pecuária para a região.

A bovinocultura no Sul do Brasil e na Normandia, embora com diferenças em estruturas produtivas e identidade cultural, compartilha funções múltiplas:

- **Economicamente**, sustenta renda e empregos — no Brasil pela carne e exportação, na Normandia pela dupla produção e produtos AOC.
- **Socialmente**, baseia-se em confiança e cooperação (Brasil), e em tradição identitária e funções patrimoniais locais (Normandia).
- **Culturalmente e ambientalmente**, reforça o vínculo com os territórios: no Sul do Brasil, por meio da comunidade rural; na Normandia, por meio da raça Normande, biodiversidade e preservação de terroirs.

Essas especificidades influenciam os perfis dos produtores: enquanto os brasileiros se orientam por redes cooperativas emergentes e foco em qualidade-exportação, os normandos buscam densidade, seleção de raças patrimoniais, sustentabilidade e valorização cultural dos produtos regionais.

A bovinocultura na Normandia

A Normandia, localizada no noroeste da França, é uma das regiões mais tradicionais e produtivas na atividade agropecuária do país, com destaque para a bovinocultura. Esta atividade, que envolve tanto a produção de leite quanto de carne bovina, tem impacto direto na economia, no emprego rural, na preservação cultural e ambiental da região. A bovinocultura normanda representa um modelo que combina tradição agroalimentar com inovação tecnológica, e desempenha papel estratégico na segurança alimentar e na economia local, nacional e europeia.

Além disso, a Normandia abriga produtos de alta reputação com certificações de qualidade como a AOP – Appellation d'Origine Protégée, que valorizam o território e garantem maior competitividade nos mercados internacionais.

A Normandia é composta por cinco departamentos: Calvados, Manche, Orne, Seine-Maritime e Eure. Cerca de 70% da sua superfície total é dedicada à atividade agropecuária. A principal cultura agrícola é a pastagem, devido ao clima oceânico úmido, que favorece o crescimento de forragens durante quase todo o ano.

Segundo o relatório do *Ministère de l'Agriculture* (2023), a Normandia possui mais de 2 milhões de cabeças de gado bovino, das quais aproximadamente 1,1 milhão são vacas leiteiras. A raça predominante é a Normande, reconhecida por sua rusticidade, duplo propósito (leite e carne) e qualidade do leite com elevado teor de gordura e proteína — essencial para queijos finos.

O modelo produtivo da região caracteriza-se pela propriedade familiar, com forte organização cooperativa, e por práticas que preservam a paisagem do bocage — cercas vivas, sebes e prados — fundamentais para a biodiversidade e sequestro de carbono.

A produção leiteira é o setor mais expressivo da bovinocultura normanda. A Normandia representa cerca de 15% da produção nacional de leite cru na França, com produção anual superior a 3,5 bilhões de litros

(INSEE, 2022). O leite normando possui destino qualificado: grande parte é transformada em produtos com certificação de origem (AOP), como: Camembert de Normandie AOP; Pont-l'Évêque AOP; Livarot AOP; Beurre et Crème d'Isigny AOP.

Esses produtos são símbolos da gastronomia francesa e representam parcela significativa das exportações agroalimentares da Normandia. Apenas o *Camembert de Normandie AOP* movimenta cerca de 40 milhões de euros/ano.

Embora secundária em relação ao leite, a produção de carne bovina também tem importância. A raça Normande é valorizada pelo marmoreio da carne, e há produtores que se especializam em bovinos de corte com certificações como Label Rouge e IGP (Indicação Geográfica Protegida).

A carne produzida na região é distribuída para o mercado interno e exportada, especialmente para países da União Europeia e do norte da África. Em 2021, a exportação de carne bovina representou mais de 120 milhões de euros na balança comercial normanda.

A bovinocultura da Normandia vai além da produção de alimentos. Ela preserva o modo de vida rural, as paisagens tradicionais do bocage, e sustenta práticas culturais ancestrais, como a feitura artesanal de queijos e a realização de feiras rurais e concursos de raças.

A agricultura leiteira também é indutora do turismo rural e gastronômico, através das rotas do queijo, fazendas visitáveis e eventos como a *Fête du Lait*. Cerca de 15% dos produtores de leite da região recebem visitantes regularmente, gerando renda extra e promovendo a educação ambiental e alimentar.

Além disso, estima-se que a cadeia da bovinocultura gere mais de 20 mil empregos diretos e indiretos na Normandia, fortalecendo a economia dos pequenos municípios e garantindo coesão territorial.

A bovinocultura normanda participa ativamente da transição ecológica promovida pela Política Agrícola Comum (PAC). Os produtores são incentivados a reduzir emissões de metano, melhorar a gestão de dejetos e preservar a biodiversidade através de: Pastagem rotacionada e agroecologia; plantio de sebes e árvores no entorno de pastagens; uso de sensores e softwares para monitorar a saúde dos animais e produção de energia com biogás (digestão anaeróbica).

O governo francês e cooperativas como *Isigny Sainte-Mère* investem fortemente em tecnologias limpas, com apoio de programas como o *Plan Écophyto*, para redução do uso de químicos na produção forrageira.

Quadro 2: Dados econômicos consolidados (2023)

Indicador	Valor Estimado (2023)
Números de Bovinos	2,1 millions
Produção anual de leite	3,5 bilhões de litros
Valor de produção leiteira regional	1,3 bilhão £
Exportação de produto lácteos AOP	500 milhões £
Valor das exportações de carne bovina	120 milhões £
Empregos diretos na cadeia da bovinocultura	20.000

Fonte: FranceAgriMer, INSEE, INAO (2023)

A bovinocultura na Normandia é exemplo de equilíbrio entre tradição, economia e inovação. Com forte base cultural, qualidade reconhecida internacionalmente e práticas sustentáveis, ela representa não apenas uma atividade econômica, mas um modelo territorial de desenvolvimento rural sustentável.

A proteção dos produtos AOP, os investimentos em tecnologia verde e o engajamento dos produtores com práticas ecológicas colocam a bovinocultura normanda como referência mundial em sistemas agroalimentares sustentáveis.

A agropecuária no Sul do Brasil e na Normandia: entre tradição e inovação

A formação da agropecuária no Sul do Brasil remonta ao processo de colonização europeia nos séculos XIX e XX, especialmente de imigrantes alemães, italianos, poloneses e ucranianos. Esses grupos estabeleceram sistemas de produção agrícola e pecuária baseados na policultura e no trabalho familiar, em que a terra era manejada de forma integrada e diversificada (Souza; Gomes, 2023).

O sistema faxinal, predominante no Paraná, representa uma das expressões mais emblemáticas da tradição agropecuária sulista, caracterizando-se pelo uso comunitário da terra, onde práticas de

extrativismo, silvicultura e criação extensiva de gado convivem harmonicamente (Menim, 2014). Esse modelo favorece a preservação da biodiversidade, sendo considerado um exemplo de agricultura de base ecológica.

Contudo, a intensificação da agricultura voltada à monocultura de grãos (soja, milho e trigo) e à pecuária de corte modificou as dinâmicas tradicionais, pressionando a sustentabilidade desses sistemas. Como afirmam Silva e Almeida (2020), as instituições locais, como cooperativas e associações de agricultores, desempenham papel central no equilíbrio entre tradição e adaptação às demandas do mercado.

Na Normandia, o conceito de *terroir* transcende a dimensão produtiva, representando uma construção cultural que associa o produto ao território e ao saber-fazer tradicional. Produtos como o *Camembert de Normandie*, a manteiga de *Isigny* e a raça bovina Normande são símbolos dessa herança, preservada por mecanismos de certificação como a *Appellation d'Origine Protégée* (AOP) e a *Appellation d'Origine Contrôlée* (AOC) (Benoit, 2022).

Segundo The Guardian (2024), a Normandia enfrenta pressões da industrialização agroalimentar, com grandes empresas tentando apropriar-se da imagem do *terroir* sem respeitar as práticas tradicionais (uso de leite cru, raças locais, alimentação a pasto). Entretanto, decisões judiciais recentes (2025) têm fortalecido a proteção dos produtos AOP, garantindo a preservação das práticas autênticas (The Times, 2025).

A tradição agropecuária normanda não é estática, mas uma construção social dinâmica, onde os agricultores locais, através de cooperativas e confrarias, reinventam seu papel no contexto globalizado (Fieldsend *et al.*, 2021).

O avanço da agricultura de precisão no Sul do Brasil é um dos principais vetores de transformação da agropecuária local. Essa tecnologia envolve o uso de sensores, drones, SIGs (Sistemas de Informação Geográfica) e softwares de gestão, permitindo um manejo mais eficiente e sustentável dos recursos naturais (Garcia *et al.*, 2024).

Hammerschmidt (2020) destaca que, apesar dos avanços tecnológicos, a adoção da agricultura de precisão é desigual, concentrando-se em propriedades com maior capital de investimento. A agricultura familiar enfrenta barreiras como acesso a crédito, capacitação técnica e infraestrutura digital.

Silva e Pamplona (2020) ressaltam que políticas públicas como o Programa Nacional de Agricultura de Precisão (Pronap) e as linhas de crédito do Plano Safra são fundamentais para democratizar o acesso à inovação entre os pequenos e médios produtores.

Na Normandia, as inovações não se limitam ao aspecto tecnológico, mas incluem práticas de inovação social, especialmente através de redes colaborativas como o projeto IdEA (Innovation pour un meilleur accompagnement des éleveurs Normands dans l'usage des antibiotiques) (EU CAP Network, 2024). Esse projeto envolve agricultores, veterinários, universidades e órgãos públicos, promovendo estratégias para reduzir o uso de antibióticos de forma participativa.

Segundo Fieldsend et al. (2021), a abordagem colaborativa da Normandia enfatiza a “co-construção” de soluções, onde os próprios produtores participam ativamente da definição das estratégias de inovação, garantindo maior aceitação e eficácia das práticas. Além disso, os sistemas de certificação AOP/AOC são utilizados como instrumentos de governança, incentivando práticas produtivas sustentáveis e valorizando a identidade territorial dos produtos (Benoit, 2022).

Apesar das diferenças contextuais, Sul do Brasil e Normandia compartilham desafios semelhantes: renovação geracional, dificuldade de manter os jovens no campo; pressões de mercado, competição com produtos industrializados; sustentabilidade ambiental, necessidade de equilibrar produtividade e conservação dos recursos naturais.

Entretanto, as estratégias de resposta divergem: no Brasil, a ênfase recai sobre tecnologias de precisão e modernização da produção familiar; na Normandia, o enfoque é a valorização do terroir, fortalecimento das certificações e inovação social.

Impactos ambientais da bovinocultura em sistemas extensivos e intensivos

A bovinocultura, tanto de corte quanto de leite, desempenha papel fundamental na economia e na segurança alimentar mundial. No entanto, essa atividade é reconhecida por causar significativos impactos ambientais, especialmente nas regiões que adotam práticas produtivas com baixa eficiência (Rodrigues et al., 2021).

Segundo Lima et al. (2022), a pecuária bovina contribui substancialmente para as emissões de gases de efeito estufa (GEE), como

metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O), além de provocar degradação do solo e dos recursos hídricos. Essa contribuição é ainda mais intensa em sistemas mal manejados, sem planejamento de pastagens e com alta taxa de desmatamento para abertura de áreas.

A produção de leite é responsável por emissões significativas de metano (CH_4) provenientes da fermentação entérica, óxido nitroso (N_2O) do manejo de dejetos e CO_2 da queima de biomassa e uso de combustíveis fósseis. No Sul do Brasil, Melo *et al.* (2021) estimam que cada litro de leite produzido gera em média 1,2 kg de CO_2 equivalente. Na Normandia, França, sistemas intensivos chegam a 1,5 kg CO_2eq por litro devido ao uso intensivo de concentrados e manejo intensivo de resíduos.

No contexto brasileiro, a região Sul destaca-se pela elevada produção de leite e carne, com práticas produtivas que variam entre intensivas e extensivas. A Normandia, na França, por sua vez, é caracterizada pelo predomínio de sistemas intensivos, com alta produtividade por hectare, mas também com desafios ambientais significativos, como o manejo de dejetos e o consumo de energia (Dubois *et al.*, 2023).

Os impactos ambientais referem-se a quaisquer alterações no meio ambiente resultantes da ação humana, podendo afetar negativamente a qualidade do ar, da água, do solo, da biodiversidade e o equilíbrio climático (Barbosa; Menezes, 2020). No caso da bovinocultura, os principais impactos incluem: emissão de GEE, desmatamento, erosão e compactação do solo, contaminação de recursos hídricos por dejetos e fertilizantes, redução da biodiversidade.

Tais impactos estão relacionados às técnicas de manejo adotadas e ao nível de intensificação dos sistemas produtivos.

A comparação entre os sistemas de produção no Sul do Brasil e na Normandia revela diferenças significativas em termos de práticas de manejo, uso de insumos e estratégias de mitigação dos impactos ambientais. Enquanto no Sul do Brasil há uma

O modelo extensivo caracteriza-se pela criação de bovinos em grandes áreas de pastagens naturais ou nativas, com baixa densidade animal e pouca intervenção tecnológica (SILVA *et al.*, 2021). Este sistema, embora com custos de produção menores, está frequentemente associado a: baixa eficiência produtiva; elevada pressão sobre ecossistemas naturais; desmatamento e degradação de pastagens e elevada emissão de metano entérico por unidade de produto.

De acordo com Barros *et al.* (2022), o sistema extensivo é predominante em muitas regiões da América Latina e contribui de forma significativa para as emissões de GEE, devido ao longo ciclo produtivo e à baixa eficiência alimentar dos animais.

O modelo intensivo, por sua vez, utiliza técnicas modernas de manejo, como confinamento, suplementação alimentar, melhoramento genético e manejo eficiente de pastagens e dejetos (Pereira; Oliveira, 2023). Os principais benefícios incluem: alta produtividade por área, melhor eficiência no uso de recursos e redução da emissão de GEE por kg de produto.

Contudo, como alertam Santos *et al.* (2024), este modelo também apresenta desafios ambientais, como a alta demanda por insumos (rações, energia, medicamentos) e a geração concentrada de resíduos orgânicos, que exigem sistemas adequados de tratamento.

Quadro 3: Aspectos comparativos dos impactos Ambientais dos Sistemas Produtivos

Aspecto	Sistema Extensivo	Sistema Intensivo
Uso do Solo	Alto (grandes áreas)	Baixo (área reduzida)
Produtividade	Baixa	Alta
Emissões GEE por kg de Produto	Alta	Baixa
Pressão sobre Ecossistemas	Alta (desmatamento)	Moderada (energia e resíduos)
Poluição Local	Baixa (difusa)	Alta (pontual)
Necessidade de Insumos	Baixa	Alta
Tecnologias de Mitigação	Pouco usadas	Frequentemente usadas (biodigestores, compostagem)

Em síntese, a escolha entre sistemas intensivos e extensivos implica trade-offs ambientais. Enquanto o sistema intensivo aumenta a eficiência e reduz emissões relativas (por kg de carne ou leite), o extensivo pode manter maiores áreas verdes, mas em muitos casos contribui para o impacto e apresenta emissões absolutas elevadas devido ao baixo desempenho zootécnico (FAO, 2021).

Referências

- ÁGUA BRASIL. **Consumo hídrico na produção agropecuária brasileira**. São Paulo: Água Brasil, 2021.
- ARAÚJO, L. M. et al. Impactos ambientais da expansão da pecuária no Brasil: uma análise da conversão de áreas naturais em pastagens. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 55, n. 2, p. 123-140, 2023.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, p. 959–975, 2017.
- BENOIT, Alice. La valorisation des produits agroalimentaires de terroir : enjeux et perspectives. **Revue d'Économie Régionale & Urbaine**, n. 3, p. 421-440, 2022.
- BARBOSA, G. H. et al. Uso de tecnologias de baixo carbono na pecuária brasileira: panorama atual e desafios. **Revista Brasileira de Agroecologia e Sustentabilidade**, v. 15, n. 2, p. 47-63, 2025.
- BARBOSA, L. P.; MENEZES, P. C. Impactos ambientais da agropecuária no Brasil: desafios e soluções. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 16, n. 2, p. 122-136, 2020.
- BARROS, R. J. et al. Sustentabilidade e eficiência dos sistemas extensivos de bovinocultura no Brasil. **Revista de Zootecnia e Sustentabilidade**, v. 12, n. 1, p. 45-59, 2022.
- BASSO, J. M. F. et al. Emissões de gases de efeito estufa na pecuária de corte: desafios e perspectivas para a sustentabilidade no Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 3, p. 112-129, 2021.
- BOISSINOT, A. et al. Intensification of dairy farming reduces plant and insect diversity in hedgerows in Western France. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 278, p. 1-8, 2019.
- Bachelet, Amélie. La Normande, une race triplement performante. **Web-agri**, 2020
- CAMPOS, A. P. et al. Erosão e manejo de pastagens no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, e0170049, 2018.
- CHADEGANI, A. A. et al. A comparison between two main academic literature databases: Web of Science and Scopus. **Asian Social Science**, v. 9, n. 5, 2013.

CRÉDOC. **Économie laitière et emploi rural en Normandie**. Paris: Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie, 2023.

CRESWELL, J. W. Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 5. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2014.

DUBOIS, M.; LECLERC, G. Transition agroécologique et durabilité des systèmes laitiers en Normandie: analyse économique et environnementale. **Cahiers Agricultures**, v. 32, p. 103-115, 2023.

DUBOIS, F. et al. Environmental performance of dairy farms in Normandy: A comparative analysis of intensive systems. **Journal of Agricultural and Environmental Studies**, v. 29, n. 4, p. 487-502, 2023.

DUBOIS, P.; LEMAIRE, J.; MARTIN, R. Agriculture intensive et pollution des eaux en France: état des lieux. **Journal of Environmental Management**, v. 295, p. 113024, 2021.

DUBOIS, P. et al. Agricultural practices and diffuse pollution in Normandy: challenges and perspectives. **Environmental Science & Policy**, v. 115, p. 45-53, 2022.

DUMONT, B. et al. Methane emissions from ruminants in France: Current state and perspectives. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 259, p. 1-8, 2018.

DUPONT, J.; MARTIN, P. Gestion des effluents d'élevage et réduction des émissions de GES en Normandie. **Revue d'Économie et Sociologie Rurale**, v. 5, p. 75-90, 2022.

DUPONT, L.; MARTIN, S. Environmental impacts of livestock farming in Normandy: a comparative study. **Journal of Environmental Management**, v. 280, p. 111701, 2022. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111701.

DURAND, B.; MOREL, C. Analyse comparée des pratiques durables dans les exploitations bovines françaises et brésiliennes. **Revue Internationale des Sciences Sociales de l'Agriculture**, v. 9, n. 4, p. 144-161, 2024.

EU CAP NETWORK. IdEA - **Innovation for better accompaniment of Normandy dairy farmers in the use of antibiotics**. 2024. Disponível em: https://eu-cap-network.ec.europa.eu/projects/idea-innovation-better-accompaniment-normandy-dairy-farmers-use-antibiotics_en. Acesso em: 06 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives. Brussels: EU, 2020.

EUROPEAN COMMISSION. Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Brussels: EU, 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities.** Rome: FAO, 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Manure management and climate change mitigation.** Rome: FAO, 2019.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Livestock's Role in Biodiversity Conservation and Land Use.** Rome: FAO, 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water for sustainable livestock.** Rome: FAO, 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Greenhouse Gas Emissions from Animal Agriculture: A Global Assessment.** Rome: FAO, 2021.

FAO. **The State of Food and Agriculture 2021.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/3/cb4476en/cb4476en.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2025.

FAO. **Pathways towards lower emissions in livestock production.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 9 jul. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization. **The State of Food and Agriculture 2021.** Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/sofa/2021/en/>. Acesso em: 09 jul. 2025.

FERREIRA, J. L. et al. Impactos da pecuária sobre propriedades físicas do solo: uma revisão. **Ciência Rural**, v. 49, n. 11, 2019.

FERREIRA, J. A. et al. Produção e manejo de dejetos de bovinos leiteiros: uma abordagem prática. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 20, p. 1-12, 2019.

FERREIRA, J. R. et al. Pecuária e desmatamento na região Centro-Oeste

do Brasil: impactos e perspectivas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 200-215, 2021.

FERREIRA, L. F.; SOUZA, M. G. **Políticas públicas e pecuária sustentável: desafios para a América Latina e Europa. Estudos Socioeconômicos Rurais**, v. 12, n. 3, p. 29-45, 2021.

FERREIRA, A. B.; SILVA, C. D.; OLIVEIRA, F. R. Estratégias de mitigação de impactos ambientais na bovinocultura: análise de práticas sustentáveis no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 45-60, 2022.

FIELDSEND, ANDREW F. et al. Prospects for the transfer of innovation in the rural world – the case of the innovation platform “Champs d’innovation” in Normandy Region, France. 2021.

FONSECA, R. A. NASCIMENTO, J. P. A influência afro-gaúcha na cultura e na pecuária do Rio Grande do Sul. **Revista Estudos Históricos do Sul**, v. 5, n. 2, p. 77-95, 2022.

FRANCEAGRIMER. Les chiffres de la filière bovine en Normandie. Paris: FranceAgriMer, 2022.

GOMES, R. F. et al. Integração lavoura-pecuária-floresta como alternativa para mitigação de gases de efeito estufa na bovinocultura. **Ciência Rural**, v. 50, n. 12, p. e20200013, 2020.

GARCIA, D. A.; ROCHA, P. S. Gestão de resíduos e impacto ambiental na bovinocultura de leite no Paraná. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 19, n. 2, p. 88-103, 2020.

GARCIA, FERNANDO et al. Evolução da agricultura de precisão: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física, Recife**, v. 17, n. 6, p. 4761-4812, dez. 2024. DOI:10.26848/rbgf.v17.6.p4761-4812.

GERBER, P. J. et al. Greenhouse gas emissions from livestock: Mitigation options and economic feasibility. Rome: FAO, 2013.

HAMMERSCHMIDT, JOSÉ MARCOS. Agricultura de precisão: cultura da soja no Sul do Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 09 jul. 2025.

INAO – Institut National de l'Origine et de la Qualité. **Produits sous signes de qualité – Normandie**. Paris, 2023.

INRAE – Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. **La production laitière en Normandie: enjeux et perspectives**. Paris: INRAE, 2020.

INSEE – Institut National de la Statistique et des Études Économiques. **L'économie agricole en Normandie**. Paris: INSEE, 2022.

INSEE – Institut National de la Statistique et des Études Économiques. **Agriculture, chiffres clés 2021**. Paris: INSEE, 2021. Disponível em: <https://www.insee.fr/fr/statistiques>. Acesso em: 09 jul. 2025.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRAE). Émissions de gaz à effet de serre de l'élevage français. Paris: INRAE, 2023.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Geneva: IPCC, 2021.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

IPCC. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2022: **Mitigation of Climate Change**. Geneva: IPCC, 2022.

La Normande assure à tous les niveaux : économique, social et environnemental (Vergonjeanne; Scohy). **Web-agri**, 2018 (mise à jour 2024).

LECLERC, J. et al. Environmental sustainability practices in French agriculture: policies and impacts. **Journal of Environmental Management**, v. 302, p. 113-121, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113121>. Acesso em: 09 jul. 2025.

LEFEBVRE, M. et al. La transition agroécologique en Normandie : contraintes et leviers pour les éleveurs bovins. **Cahiers Agricultures**, v. 30, n. 1, p. 101-115, 2021.

LE GALL, O. et al. Environmental performance of dairy systems in Normandy, France: A Life Cycle Assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 310, 127439, 2021.

LEROY, P. et al. Environmental impact of intensive livestock farming in Normandy. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 312, p. 107320, 2021.

LIMA, T. S. et al. Avaliação dos impactos ambientais da bovinocultura no Sul do Brasil: emissões de GEE e uso da terra. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 18, n. 1, p. 33-48, 2022.

LIVEADAPT. **Pâturages, haies et carbone: adapter la production bovine au changement climatique**. União Europeia, 2023. Disponível em: <https://liveadapt.eu/>

MACHADO, A. M. et al. Avaliação da contaminação ambiental por resíduos de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 135-142, 2020.

MARTINS, L. A. et al. Mitigação de gases de efeito estufa em sistemas integrados no Brasil: estudo de caso no Sul. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 55-70, 2022.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Uso e Cobertura da Terra no Brasil – Edição 2023**. São Paulo: MapBiomass, 2023.

MEIRELLES, L. A. et al. Gases de efeito estufa e agropecuária: desafios para a sustentabilidade. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 29, n. 3, p. 301-319, 2020.

MENIM, EMANUEL. Faxinalenses: identidade étnica e política e a luta pelo reconhecimento social. 2014. Dissertação (Mestrado em Antropologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE. **Panorama régional de l'agriculture: Normandie**. Paris, 2023.

MONTENEGRO, R. et al. Uso e gestão da água na pecuária: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, p. e15, 2019.

NOGUEIRA, L. M. et al. Impacto da pecuária sobre a qualidade da água: um estudo na região Sul do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 3, e2520, 2020.

Observatoire des systèmes bovins en Normandie. Chambres d'agriculture de Normandie, 2025 (données 2013-2022).

OLIVEIRA, M. L. S. D. Cenário da pecuária de corte do Rio Grande do Sul. 2024. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/276252>. Acesso em: 9 jul. 2025.

OLIVEIRA, F. A. et al. Emissões de metano na pecuária do Sul do Brasil: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Ciência Animal**, v. 25, n. 1, p. 112-125, 2021.

OLIVEIRA, T. S.; MARTINS, A. G. Comparativo entre sistemas intensivos e extensivos de produção de carne bovina: sustentabilidade e desafios futuros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 4, p. 687-706, 2021.

OLIVEIRA, T. A. et al. Políticas públicas e mitigação dos impactos ambientais da agropecuária: um estudo comparativo entre Brasil e França. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 1, p. 101-115, 2024. DOI: 10.1590/cct2024.39105.

ONU. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. United Nations, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 05 jul. 2025.

PAGE, M. J.; MOHER, D. et al. PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, 2021.

PEREIRA, R. A. et al. Compactação do solo em pastagens: causas, efeitos e manejo. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 2, 2020.

PEREIRA, C. F.; LIMA, R. S. Pecuária leiteira e os desafios ambientais na região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 53, n. 4, p. e20201564, 2023.

PEREIRA, A. L.; OLIVEIRA, M. J. Sistemas de produção intensivos na bovinocultura: análise ambiental e perspectivas. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 24, n. 2, p. e45789, 2023.

PEREIRA, Jaiane A. et al. Social capital in transactions: The role of economic and social trust in the specialty beef production system in Brazil. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 27, n. 3, 2024.

PEREIRA, L. et al. Technological advances in Brazilian livestock and environmental implications. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 102-110,

2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrsy.2020.102110>. Acesso em: 09 jul. 2025.

RIBEIRO, M. et al. Impactos ambientais da pecuária na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 45-60, 2019

RODRIGUES, E. P. et al. Contribuição da bovinocultura para os impactos ambientais globais: uma revisão crítica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 4, p. 712-728, 2021.

RODRIGUES, J. P. et al. Pastagens degradadas e suas implicações ambientais: uma revisão crítica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 134-142, 2021.

ROUSSEAU, E. et al. **Effets de la réglementation environnementale sur les pratiques d'élevage en Normandie. Agronomie et Environnement**, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2023.

SANTOS, R. S. et al. Inventário de emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário do Sul do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 6, e2513, 2020.

SANTOS, R. S. et al. Impacto do pisoteio bovino na compactação do solo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 4, 2021.

SANTOS, R. C.; MORAES, D. R. Saberes tradicionais e a cultura da pecuária no Sul do Brasil: um estudo etnográfico. **Revista Brasileira de Cultura Rural**, v. 13, n. 1, p. 19-38, 2021.

SANTOS, V. C. et al. Mitigação de impactos ambientais em sistemas intensivos de pecuária bovina. **Revista de Ciências Ambientais e Sustentabilidade**, v. 10, n. 1, p. 88-101, 2024.

SANTOS, M. F. dos; ALMEIDA, R. P.; CARVALHO, J. A. Avaliação dos impactos ambientais da pecuária intensiva no Sul do Brasil: desafios e perspectivas para sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 2, p. 235-249, 2023. DOI: 10.1590/rbagro.2023.1824.

SILVA, A. L. et al. Fragmentação da vegetação nativa em propriedades pecuárias no Sul do Brasil. **Revista de Biodiversidade e Conservação**, v. 17, n. 2, p. 34-47, 2021.

SILVA, J. M. da et al. Sustentabilidade e emissões de GEE na pecuária de corte do Sul do Brasil: uma abordagem integrada. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 1, p. 22-39, 2021.

SILVA, J. R. et al. Impactos ambientais da pecuária extensiva no Sul do Brasil: uma revisão sistemática. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, p. e02144, 2022.

SILVA, J. A. et al. Avaliação da contaminação hídrica por nitratos em propriedades rurais no Sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, v. 41, p. 51-63, 2018.

SILVA, F. R. et al. Caracterização e desafios ambientais dos sistemas extensivos de bovinocultura. **Revista de Ciências Rurais**, v. 41, n. 3, p. 215-230, 2021.

SILVA, F. R. et al. Manejo de resíduos animais na pecuária do Sul do Brasil: desafios e oportunidades. **Revista Agroecossistemas**, v. 13, n. 1, p. 88-101, 2021.

SILVA, M. A. et al. Sustentabilidade na pecuária: análise dos desafios e oportunidades no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 61, p. 45-67, 2022.

SILVA, R. T. et al. Contaminação da água por atividades agropecuárias: um estudo de caso no Sul do Brasil. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 37, p. 45-58, 2020.

SILVA, R. et al. Environmental impacts of livestock farming in Southern Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 823, p. 153-164, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153164>. Acesso em: 09 jul. 2025.

SILVA, C. S. da V.; ALMEIDA, J. G. Institutions in livestock and its influence on the progress of soybeans in the Campanha Gaúcha – Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília**, v. 58, n. 4, p. 1-22, 2020.

SILVA, MIGUEL A. R.; PAMPLONA, João B. Adoção da agricultura de precisão na América do Sul: um panorama das inovações tecnológicas e desafios socioeconômicos. **Gestão & Regionalidade, São Caetano do Sul**, v. 35, n. 105, p. 218-244, 2020.

SILVEIRA, A. C. História, cultura e identidade: a formação da cultura pecuarista no Rio Grande do Sul. **Revista de História Regional**, v. 25, n. 1, p. 35-58, 2020.

SOTOMAYOR, D. A. et al. Sistemas pecuários e biodiversidade: impactos e alternativas de mitigação. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 3, p. 120-135, 2021.

The Guardian. 'Defend the product?' How the French keep their artisan food culture alive. Nov. 2024.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207–222, 2003.

TEMPLIER, M.; PARÉ, G. A framework for guiding and evaluating literature reviews. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 37, p. 7, 2015.

Capítulo 8

PILARES DO PAISAGISMO SUSTENTÁVEL E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS): EQUILÍBRIO ENTRE FORMA E FUNÇÃO¹

LAÍZE MORAES INÁCIO²; TARCISIO DORN DE OLIVEIRA³

¹Pesquisa desenvolvida junto ao Grupo de Pesquisa Espaço Construído, Sustentabilidade e Tecnologias (GTEC). O texto faz parte das reflexões oriundas do Projeto de Pesquisa “Leitura, planejamento e gestão urbana: inter-relações entre a qualidade de vida das pessoas e as cidades do futuro”.

² Arquiteta paisagística, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: laize.inacio@unijui.edu.br

³ Arquiteto, Dr., Professor Permanente Mestrados em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade e Desenvolvimento Regional, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: tarcisio.oliveira@unijui.edu.br

Introdução

Nas últimas décadas, as preocupações com o futuro do planeta, especialmente diante do modelo econômico vigente, têm impulsionado um aumento significativo dos debates sobre sustentabilidade. A definição mais consolidada do conceito foi apresentada pela *World Commission on Environment and Development* (WCED) em 1987, que o descreve como a capacidade de suprir as necessidades atuais sem prejudicar a habilidade das gerações futuras de atender às suas próprias demandas. Nesse entendimento, em 2015, a ONU lançou a Agenda 2030, que estabelece 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), metas globais amplas e interligadas formuladas para orientar políticas públicas e ações rumo a um desenvolvimento equilibrado, sustentável e responsável, integrando aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Nessa lógica, o paisagismo sustentável representa a aplicação concreta dos princípios de sustentabilidade ambiental, econômica e social, ultrapassando a simples estética do jardim, ao buscar incorporar princípios

para configurar ecossistemas que reduzam demandas e problemas, promovendo benefícios para o indivíduo, a sociedade e o meio ambiente, alinhando-se diretamente aos ODS da Agenda 2030, especialmente aqueles relacionados à ODS 3 (Saúde e bem-estar): bem-estar social e psicológico, ODS 6 (Água potável e saneamento): uso sustentável da água, ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis): valorização do espaço urbano e qualidade de vida, ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima): mitigação dos efeitos do clima e ODS 15 (Vida terrestre): conservação da biodiversidade e dos ecossistemas.

Alcançar a estabilidade por meio do equilíbrio entre as forças envolvidas nos ODS é um desafio, posto que essa necessidade não é espontânea e exige a integração de múltiplos aspectos. Como ressalta Cardim (2022), é essencial projetar paisagens que respeitem e valorizem os ecossistemas locais, promovendo uma convivência equilibrada e sustentável entre a natureza e as ações humanas, sobretudo no contexto brasileiro. O paisagismo, nesse sentido, deve ser compreendido como um sistema vivo, formado por subsistemas interdependentes que operam em conjunto. Portanto, o paisagismo sustentável ultrapassa a dimensão estética, constituindo-se como uma estratégia integrada que busca assegurar equilíbrio ecológico, funcionalidade urbana e qualidade de vida, sendo indispensável para um desenvolvimento que seja, ao mesmo tempo, ambientalmente responsável, socialmente justo e sensível às especificidades culturais e territoriais.

Muitos projetos paisagísticos ainda são concebidos apenas como complemento estético ao projeto arquitetônico, com a intenção de apenas valorizar visualmente o edifício e criar ambientes agradáveis – no entanto, essa abordagem reduz o paisagismo a um papel secundário e decorativo, ignorando seu potencial funcional e ambiental. Dell (2009) destaca que o paisagismo sustentável tem grande capacidade de promover conforto ambiental no espaço construído, ao mesmo tempo em que preserva o ecossistema e reduz a demanda por insumos de manutenção, como água, energia e produtos químicos. Embora a estética seja a primeira percepção em jardins e áreas verdes, um projeto paisagístico bem planejado e orientado por princípios de sustentabilidade gerar benefícios amplos, atuando como ferramenta estratégica para mitigar impactos ambientais, promover o equilíbrio ecológico e fortalecer a relação entre sociedade e natureza.

Um jardim bem projetado não se limita à função estética, e sim, assume um papel ativo na qualificação ambiental e social do espaço

urbano. Entre os recursos utilizados, os pontos focais desempenham um papel importante na organização do ambiente, contribuindo para a delimitação de caminhos, o direcionamento do olhar e a criação de zonas de interesse. Cullen (2006) destaca que esses elementos de atração visual são fundamentais para a composição da paisagem, pois orientam a circulação e proporcionam experiências sensoriais que valorizam o espaço. No paisagismo sustentável, esses pontos focais podem ser compostos por espécies nativas de destaque, elementos naturais como rochas e espelhos d'água ou ainda estruturas ecológicas que dialogam com o entorno. Ao serem inseridos com consciência ambiental e sensibilidade estética, auxiliam a promover a harmonia entre funcionalidade, biodiversidade e bem-estar.

Além de oferecer espaços que promovem o bem-estar por meio da prática de atividades físicas, da contemplação e da convivência com a natureza, os jardins também trazem benefícios ambientais relevantes, como a integração entre flora e fauna, o aumento da permeabilidade do solo, a amenização das temperaturas e o apoio à reutilização da água. Para a arquitetura, esses elementos contribuem de forma significativa para tornar os espaços mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Segundo Medeiros (2003), a diversidade de espécies vegetais e as variações perceptíveis dentro de uma mesma espécie são surpreendentes, abrindo um vasto leque de possibilidades para combinações e arranjos paisagísticos distintos, o que confere grande versatilidade a esse recurso. Essas características possibilitam a criação de ambientes não apenas mais belos e confortáveis, mas também mais sustentáveis, já que cada espécie vegetal possui uma estruturação própria, resultado de longos processos de adaptação ao meio.

Cardim (2022) destaca que o paisagismo sustentável, para ser realmente eficaz, deve estar profundamente enraizado nas características climáticas, biológicas e culturais do Brasil, pois significa reconhecer a imensa diversidade ecológica do território nacional e propor soluções que respeitem e valorizem os ecossistemas locais, utilizando espécies nativas, adaptadas às condições ambientais e com menor demanda por recursos como água e fertilizantes. Além disso, o autor ressalta a importância de incorporar saberes tradicionais e contextos culturais específicos, sobretudo em áreas urbanas periféricas e rurais, onde o paisagismo pode contribuir para o fortalecimento de identidades locais e práticas comunitárias. Nesse sentido, o paisagismo sustentável assume uma função estratégica ao promover a conservação ambiental, a resiliência ecológica e o bem-estar social, atuando como uma ponte entre natureza e urbanização. Ao

considerar essas múltiplas dimensões, torna-se possível criar paisagens que não apenas embelezam, mas também educam, regeneram e fortalecem os vínculos entre pessoas, território e meio ambiente.

A presente pesquisa tem como justificativa a necessidade de aprofundar a compreensão sobre o papel do paisagismo sustentável na construção de espaços urbanos mais equilibrados, resilientes e integrados ao meio ambiente. Diante dos crescentes desafios socioambientais enfrentados pelas cidades, torna-se fundamental repensar as práticas projetuais que envolvem o ambiente construído, considerando não apenas critérios estéticos, mas, sobretudo, funcionais e ecológicos. Com base nisso, o estudo adota como eixo analítico três pilares do paisagismo sustentável: estética, funcionalidade e responsabilidade. A organização da análise nessas três categorias permite uma abordagem integrada, capaz de revelar como o paisagismo pode contribuir para a qualidade de vida urbana, a valorização do espaço público e a preservação dos recursos naturais. O objetivo da pesquisa calca-se em investigar de que forma esses pilares se manifestam em projetos contemporâneos de paisagismo e como sua articulação pode promover soluções sustentáveis que conciliem forma, função e compromisso ambiental, alinhadas às diretrizes dos ODS da Agenda 2030.

Metodologicamente, esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa de natureza bibliográfica, adequada à complexidade e subjetividade do fenômeno investigado, exigindo do pesquisador uma postura interpretativa para aprofundar a compreensão contextual do objeto de estudo, que são as bases do paisagismo sustentável. A análise dos dados utiliza a técnica categorial de análise de conteúdo, estruturada em quatro etapas: (1) pré-análise, envolvendo a seleção e organização do corpus; (2) exploração do material por meio de leituras aprofundadas; (3) tratamento dos resultados com categorização temática baseada em semelhanças e relações entre os dados; e (4) interpretação crítica das categorias para identificar padrões e articulações. O estudo organiza a análise em três categorias principais: estética, funcionalidade e responsabilidade, o que possibilita examinar de forma integrada os múltiplos significados e impactos do paisagismo no contexto da sustentabilidade.

Paisagismo e sustentabilidade

A preocupação com a paisagem e o meio ambiente é indispensável na elaboração de projetos sustentáveis, ao pensar a preservação do lugar. Assim,

faz-se necessária uma mudança profunda de atitudes e comportamentos em relação à natureza, estimulando práticas mais conscientes e respeitosas na escolha de caminhos que supram as necessidades humanas sem comprometer os recursos das futuras gerações. Nesse contexto, a qualidade do ambiente de trabalho torna-se um fator determinante para a saúde física e mental das pessoas, influenciando diretamente seu bem-estar, sua produtividade e suas relações interpessoais. Espaços planejados com critérios sustentáveis contribuem significativamente para a criação de ambientes mais saudáveis e equilibrados, visto que valorizar o meio ambiente, por meio do paisagismo sustentável, fomenta também a valorização das pessoas ao promover uma cultura de cuidado e responsabilidade, a saber:

A beleza presente na natureza configura-se como uma das principais prerrogativas contemporâneas relacionadas à qualidade de vida. Para Roberto Burle Marx, os jardins representam uma natureza construída pelo homem e para o homem, sendo expressões vivas dessa relação. Silva (2016), sinaliza que esses jardins funcionam como ecossistemas integrados, capazes de contribuir para a redução das demandas ambientais e sociais. Dessa forma, tornam-se elementos essenciais da paisagem urbana ao oferecerem áreas de contemplação, acolhimento e descanso. Os jardins sustentáveis, portanto, aliam estética e responsabilidade ambiental, atuando como antídotos à rigidez dos espaços excessivamente construídos, ajudam a suavizar a sensação de frieza e desconexão com a natureza, favorecendo o bem-estar coletivo.

A escolha criteriosa das espécies vegetais é determinante para a composição de um jardim esteticamente agradável e funcional, uma vez que cada espécie possui adaptações específicas às diferentes condições climáticas regionais; além disso, determinadas espécies harmonizam entre si, contribuindo para a criação de espaços visualmente equilibrados. Gengo (2012), observa que as plantas desempenham um papel que transcende o aspecto estético: elas enriquecem o ambiente urbano ao atuarem como elementos que favorecem o convívio social, proporcionando bem-estar emocional e psicológico. A presença do verde estimula a interação com a natureza e incentiva práticas saudáveis, como caminhar e repousar ao ar livre, enquanto o uso de espécies nativas favorece tanto a integração paisagística com as pessoas quanto o suporte à fauna local, oferecendo abrigo e alimento a aves, abelhas, borboletas e beija-flores.

As possibilidades de criação nos jardins são múltiplas e encantadoras: trepadeiras que abraçam as paredes, jardins suspensos que

desafiam a gravidade, flores que perfumam o ar e árvores que oferecem sombra generosa, com texturas e cores que despertam os sentidos. Mais do que elementos estéticos, esses recursos vegetais colaboramativamente para a mitigação das altas temperaturas, especialmente nos meses de verão intenso, proporcionando conforto ambiental de forma natural. Silva (2016) afirma que a interação entre as condições climáticas, as edificações e o paisagismo tem o poder de modificar o microclima, sobretudo por meio da absorção ou reflexão da radiação solar. Essa interação permite que o ambiente se torne mais agradável, com a luz solar filtrada pela vegetação, resultando em espaços mais frescos e acolhedores, tornando os jardins sustentáveis, alternativas possíveis e necessárias diante da crise ambiental e social que vivenciamos.

Funcionalidade e responsabilidade paisagística

Os espaços paisagísticos possuem a notável capacidade de atender às necessidades humanas de conexão com a natureza. Segundo Ribaski e Santos (2024), a evolução do pensamento ecológico ampliou a abordagem do paisagismo, transformando-o em uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de soluções urbanísticas e ambientais inovadoras, evidenciada pelo uso de técnicas como telhados verdes, corredores ecológicos e drenagem sustentável, que integram design e função ambiental ao promoverem uma interação harmoniosa entre o ser humano e a natureza. Nesse sentido, colaboram para um modo de vida mais sustentável ao convidarem as pessoas a caminharem pelas ruas de forma segura, acessível e prazerosa, por meio de trajetos planejados com cuidado: calçadas bem dimensionadas, sinalização inclusiva, pisos adequados e presença de vegetação que sombreia e refresca. Além de promoverem a mobilidade urbana, esses espaços oferecem beleza ao olhar, conforto térmico ao corpo e bem-estar emocional, resgatando a importância da natureza no cotidiano urbano.

Ao reunirem beleza, função e resiliência, o paisagismo sustentável se consolida como um elemento-chave no enfrentamento dos desequilíbrios climáticos e na sustentação de um modo de vida possível, ético e regenerativo no planeta. Herzog (2010) destaca que as árvores desempenham funções ecológicas insubstituíveis, como a prevenção de erosões, o assoreamento de corpos d'água e a captura dos gases de efeito estufa. Por isso, não é exagero considerá-las as verdadeiras meninas dos olhos de qualquer projeto paisagístico, pois atuam como infraestrutura viva e multifuncional. Esses

jardins ultrapassam o campo do ornamento e passam a desempenhar papel ativo na regeneração ambiental e na melhoria da qualidade de vida urbana, ao contribuírem não apenas para a saúde do planeta, mas também para a construção de uma cultura ambiental mais consciente e comprometida com o futuro.

Caminhar ou permanecer em áreas arborizadas, planejadas com intencionalidade, amplia as possibilidades de lazer, contemplação e bem-estar, convidando à sociabilização e ao contentamento. Corrêa (2015) afirma que a planta representa um instrumento de alta tecnologia à disposição da humanidade, sendo até hoje insubstituível em sua capacidade de reunir, em um único organismo, atributos estéticos e funções ambientais essenciais. Sua capacidade de absorver a água da chuva contribui para a prevenção de alagamentos, ao mesmo tempo em que oferecem abrigo e alimento à avifauna local, fortalecendo os ecossistemas urbanos. Para que esses benefícios se concretizem, a escolha adequada das espécies vegetais é fundamental, sendo imprescindível que sejam nativas da região, pois estão adaptadas às condições climáticas e de solo, exigem menos manutenção e recursos, e promovem um equilíbrio ecológico mais duradouro e harmônico com a fauna e a flora locais.

Os jardins sustentáveis são aliados imprescindíveis à vida humana, que só se torna possível pela interdependência entre as diversas espécies que habitam o planeta. Fontes (2024) observa que a arborização urbana, parte essencial do planejamento urbano, tem como função social e política apoiar o direito a um meio ambiente saudável, sustentável e equilibrado; contudo, por si só, não é suficiente como único meio para proteger esse direito e controlar a qualidade de vida. Para o autor, é fundamental que essa ação política seja ampliada para considerar toda a territorialidade, reconhecendo as desigualdades socioambientais e atuando contra o racismo ambiental, que afeta principalmente populações vulneráveis. A integração entre jardins sustentáveis, políticas públicas e planejamento urbano é essencial para promover justiça ambiental, garantindo ambientes mais saudáveis e equitativos, especialmente em regiões periféricas, fortalecendo a qualidade de vida, reduzindo desigualdades e reafirmando o direito de todos a um meio ambiente digno e equilibrado.

Cabe ao ser humano assumir a responsabilidade pelos problemas urbanos contemporâneos, muitos dos quais foram desencadeados por seu próprio comportamento agressivo em relação à natureza, resultando em ilhas de calor, poluição e eventos climáticos extremos. Nesse sentido, Heiden

(2006) afirma que, quanto mais as plantas se aproximam das características de seu habitat natural, maiores são suas chances de sobrevivência e de um crescimento vigoroso, pois se deve ao fato de que as espécies nativas estão adaptadas ao clima, ao solo e às variações do ecossistema local, demonstrando maior resistência a intempéries, solos pobres e carência de adubação. Diante da crise climática existente, é urgente assumir o compromisso de desenvolver estratégias que aumentem a resiliência frente às adversidades, como o uso de jardins sustentáveis com espécies nativas, capazes de restaurar microclimas urbanos, proteger a biodiversidade e promover ambientes mais equilibrados e saudáveis.

O meio ambiente é uma complexa teia, na qual o patrimônio natural, composto por elementos como plantas, solo, água e ar, sustenta todos os seres vivos, incluindo nós, seres humanos. Ribaski e Santos (2024) ressaltam que o paisagismo cumpre funções ecológicas essenciais, como a amenização do clima, a proteção do solo e a regulação do escoamento pluvial, contribuindo para a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida, uma vez que, ao promover ecossistemas equilibrados, os jardins sustentáveis mitigam impactos ambientais e regeneram os vínculos entre as espécies. Ao financiar a vida por meio da oferta de frutos, do abrigo a animais e da contribuição para a estabilidade climática, esses espaços cumprem também uma função educativa e sensível, ao promover a reconexão com os ciclos naturais e com o senso de pertencimento ao ambiente, reforçando que cuidar da natureza é, antes de tudo, cuidar da coletividade e do futuro comum.

O paisagismo sustentável vai além da simples composição visual de espaços ao ar livre: trata-se de uma prática que integra preocupações ecológicas, sociais e funcionais, promovendo o equilíbrio entre natureza e ambiente construído. Para orientar projetos comprometidos com essa abordagem, é fundamental considerar três bases interdependentes: estética, funcionalidade e responsabilidade. Cada uma dessas dimensões contribui para a criação de ambientes mais saudáveis, resilientes e integrados ao contexto local. A seguir, apresenta-se um quadro que conceitua essas três bases e exemplifica como elas podem ser aplicadas em projetos de paisagismo sustentável.

Quadro 01 – Bases do Paisagismo Sustentável

Base	Conceito	Exemplos de Paisagismo Sustentável	Relação com os ODS
Estética	Refere-se à harmonia visual, ao equilíbrio das formas, cores, texturas e composições que tornam o espaço agradável aos sentidos e culturalmente valorizado.	1. Jardins com plantas nativas organizadas em padrões cromáticos. 2. Uso de mobiliário ecológico integrado à vegetação. 3. Painéis verdes verticais em muros e fachadas.	ODS 3 (Saúde e bem-estar): bem-estar social e psicológico. ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis): valorização do espaço urbano e qualidade de vida.
Funcionalidade	Trata da utilidade prática do espaço paisagístico, incluindo conforto térmico, acessibilidade, circulação e uso eficiente dos recursos naturais.	1. Telhados verdes que reduzem a temperatura interna. 2. Jardins de chuva que evitam alagamentos. 3. Trilhas ecológicas com materiais permeáveis.	ODS 3 (Saúde e bem-estar): conforto e acessibilidade. ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis): melhoria da infraestrutura urbana. ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima): mitigação dos efeitos do clima.
Responsabilidade	Envolve o compromisso com a preservação dos recursos naturais, a promoção da biodiversidade, o uso consciente da água e a redução de impactos ambientais.	1. Reutilização de água da chuva para irrigação. 2. Escolha de espécies nativas adaptadas ao clima local. 3. Compostagem de resíduos orgânicos no próprio jardim.	ODS 6 (Água potável e saneamento): uso sustentável da água. ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima): redução de impactos ambientais. ODS 15 (Vida terrestre): conservação da biodiversidade e dos ecossistemas.

Fonte: Autores (2025).

O quadro apresentado demonstra como o paisagismo sustentável está alinhado aos principais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), mostrando sua relevância estratégica para a construção de cidades mais resilientes e ambientalmente responsáveis. A estética, embora frequentemente associada à beleza visual, exerce um papel fundamental na promoção do bem-estar humano e na valorização cultural dos espaços urbanos. A harmonia e o equilíbrio das formas e cores, combinados com

elementos naturais, contribuem para melhorar a qualidade de vida, o que se relaciona diretamente com o ODS 3 (Saúde e Bem-estar). Além disso, ao tornar as cidades mais atrativas e confortáveis, o paisagismo estético apoia o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), pois espaços públicos bem cuidados incentivam a interação social e a sensação de pertencimento.

No pilar da funcionalidade, a ênfase recai sobre a utilidade prática do espaço, incluindo aspectos como conforto térmico, acessibilidade e manejo eficiente dos recursos naturais. A implementação de telhados verdes, jardins de chuva e materiais permeáveis contribui para a mitigação das ilhas de calor urbanas e para a redução do risco de enchentes, promovendo um ambiente urbano mais adaptado às mudanças climáticas, alinhado ao ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). Ademais, a funcionalidade reforça o ODS 3, garantindo espaços acessíveis e confortáveis que beneficiam a saúde física e mental das pessoas. Finalmente, a responsabilidade ambiental é um pilar essencial que abrange a conservação dos recursos naturais e a promoção da biodiversidade. O uso de espécies nativas adaptadas, a reutilização da água da chuva e a compostagem refletem um compromisso direto com o ODS 15 (Vida Terrestre), que visa proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres. Além disso, essas práticas sustentáveis contribuem para o ODS 13 ao reduzir impactos ambientais e para o ODS 6 (Água Potável e Saneamento) ao garantir o uso racional da água, recurso vital para o equilíbrio ecológico e a sobrevivência humana.

Considerações finais

Ao unirem beleza e função, o paisagismo sustentável desempenha papel fundamental na mitigação dos impactos ambientais, na promoção da biodiversidade e na construção de cidades mais resilientes e humanas. A seleção cuidadosa de espécies nativas, o uso racional e consciente dos recursos naturais, bem como o planejamento paisagístico responsável, configura caminhos viáveis e desejáveis para a criação de ecossistemas urbanos integrados, harmônicos e sustentáveis. Essas práticas vão além da simples estética, respondendo de forma eficaz aos desafios ambientais atuais, como a degradação do solo, o aumento das temperaturas urbanas e a perda da biodiversidade. Além disso, promovem a recuperação dos vínculos entre as pessoas e o ambiente, resgatando valores essenciais como a convivência, o equilíbrio ecológico e o senso de pertencimento ao território.

Considerando as três bases fundamentais: estética, funcionalidade e responsabilidade, o paisagismo sustentável apresenta-se como uma abordagem que ultrapassa o aspecto meramente visual, integrando harmonia, praticidade e compromisso ecológico. A estética valoriza a beleza e a sensibilidade da paisagem; a funcionalidade assegura conforto térmico, acessibilidade e uso eficiente dos recursos; enquanto a responsabilidade promove a preservação do meio ambiente por meio da adoção de espécies nativas, gestão hídrica e incentivo à biodiversidade. Ao articular essas dimensões de forma integrada, o paisagismo sustentável se consolida como uma estratégia imprescindível para enfrentar as crises urbanas e ambientais atuais, ao contribuir para a criação de espaços que cuidam tanto das pessoas quanto do planeta, promovendo cidades mais resilientes, equilibradas e saudáveis.

Diante da atual crise climática e da degradação ambiental, torna-se necessário repensar a forma como o ambiente construído é planejado e ocupado, alinhando o paisagismo sustentável aos ODS. Essa abordagem contribui para a promoção do bem-estar social e psicológico, conforme previsto no ODS 3 (Saúde e Bem-estar), e para o uso racional e sustentável da água, conforme o ODS 6 (Água Potável e Saneamento). Além disso, valoriza o espaço urbano e melhora a qualidade de vida, em consonância com o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). Também desempenha papel na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, atendendo ao ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), e favorece a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais, conforme o ODS 15 (Vida Terrestre). Dessa forma, o paisagismo sustentável integra aspectos ambientais, sociais e urbanos, tornando fundamental a adoção de práticas responsáveis, combinadas com sensibilidade estética e ação coletiva, para construir um futuro mais equilibrado e sustentável para as próximas gerações.

Referências

- CARDIM, Ricardo. **Paisagismo sustentável para o Brasil: integrando natureza e humanidade no século XXI**. São Paulo/SP: Olhares, 2022.
- CORRÊA, Rodrigo Studart. Reabilitação ambiental: a vegetação além do paisagismo. **Revista Paranoá**, v. 14, 2015.
- CULLEN, Gordon. **Paisagem Urbana**. Lisboa. 2006.

DELL, Owen. **Paisagismo Sustentável para Leigos**. Indiana: Wiley Publishing, Inc., 2009.

GENGO, Rita de Cássia; HENKES, Jairo Afonso. A utilização do paisagismo como ferramenta na preservação e melhoria ambiental em área urbana. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 1, n. 2, p. 55-81, 2012.

HEIDEN, Gustavo; BARBIERI, Rosa Lía; STUMPF, Elisabeth Regina Tempel. Considerações sobre o uso de plantas ornamentais nativas. **Revista Ornamental Horticulture**, v. 12, n. 1, 2006.

FONTES, Yago Magalhães. Saúde ambiental no ambiente urbano: a importância da arborização e jardinagem urbana e o direito ao meio ambiente saudável. **Revista Pensar Acadêmico**, v.21, n.3, 2024.

HERZOG, Cecilia Polacow; ROSA, Lourdes Zunino. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, n. 1, p. 92-115, 2010.

MEDEIROS, Eugênio Mariano Fonsêca de. **Estética do apocalipse: (re)considerações acerca da (des)arborização urbana de Natal e sua contribuição à saúde pública**. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Departamento de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

RIBASKI, Nayara Guetten; SANTOS, Andrew dos. O direito ao verde: paisagismo, espaço urbano e sustentabilidade social. **Revista Derecho y Cambio Social**, v. 21, n. 78, 2024.

SILVA, Emmanuelle Séfora Cabral. **Paisagismo sustentável para uma habitação de baixo impacto ambiental em Natal/RN**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

Capítulo 9

POTENCIALIDADES DE UMA TRILHA ECOLÓGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL¹

VIDICA BIANCHI²; RAFAEL SCHNEIDER COSTA³; NADINE LEIRIA PARÉ⁴

¹Trabalho desenvolvido no âmbito da Disciplina de Educação Ambiental nas Instituições Educativas, no Programa de Mestrado e Doutorado em Educação nas Ciências, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Bióloga, Dra. Program de Mestrado e Doutorado em Educação nas Ciências, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: vidica.bainchi@unijui.edu.br

³Biólogo, Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: rafael.costa@sou.unijui.edu.br

⁴Bióloga, Mestranda do Programa de Mestrado em Atenção Integral à Saúde, UNIJUÍ, UNICRUZ e URI. E-mail: nadine.pare@sou.unijui.edu.br

Introdução

No campus de uma Universidade comunitária do Rio Grande do Sul, Brasil, percorre um braço de um arroio, ao longo de sua mata ciliar formou-se uma Trilha ecológica. Neste local são realizadas oficinas de vivências e sensibilização com a comunidade. O arroio Espinho é um riacho que percorre o município de Ijuí, tendo cerca 40% do seu curso em áreas urbanas, com tributários cujas nascentes situam-se em diferentes bairros. Durante o processo de urbanização ele foi desviado de seu curso, canalizado, capeado, utilizado como depósito de lixo, de descarte de entulhos e outros resíduos e poluentes, que modificaram a sua vazão e qualidade de sua água, além do desmatamento constante nas nascentes e encostas (Attuati, 1997; Monteiro, 1998).

Ao longo de seu percurso, desde as nascentes (urbanas e rurais), ele recebe efluentes (domésticos, industriais, pluviais) e resíduos sólidos, tanto no leito quanto nas margens. No trecho que passa pelo campus da universidade, o arroio compõe uma das áreas de proteção permanente (APP), aos cuidados da instituição. Nesta APP, existe a ruína de um antigo

moinho, bem como vestígios de uma casa atribuída a uma moradora dessa região, conhecida pela população mais antiga dos bairros vizinhos como “Vó Preta” (Bianchi et al., 2017). Nesta área, também há uma trilha utilizada para as mais diversas formas, impactando de forma negativa aqueles ambientes, tanto é que é considerada pelo Núcleo de Gestão Ambiental e Biossegurança e demais gestores da universidade, como espaço prioritário para ações de conservação, recuperação e melhoria das condições locais. A Educação Ambiental nos desafia em torno de questões vivas, próximas, que possibilitam conexões e respostas às inquietudes maiores. De uma cultura do consumismo e da acumulação, impulsionada por ideias pré-fabricadas, ela pode nos levar a uma cultura do pertencimento, engajamento crítico, resistência, resiliência e solidariedade (Sorrentino, 2014).

Em 2015, a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, proposta pela ONU, contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que refletem novos desafios de desenvolvimento, ligados aos resultados da Conferência “Rio+20” (junho/2012, RJ). Os ODS apresentam 169 metas que demonstram a escala e a ambição desta Agenda universal (CEPAL, 2018). Neste sentido, os ODS, que aderem mais diretamente as questões socioambientais locais e dialogam com a reflexão aqui apresentada: Objetivo 6 - Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos; Objetivo 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; e Objetivo 15 - Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

As metas para esses objetivos relacionam-se com gestão integrada dos recursos hídricos; proteção e restauração de ecossistemas aquáticos; apoio e fortalecimento da participação comunitária, para melhorar a gestão da água e saneamento básico; aumento da urbanização inclusiva e sustentável, planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis; esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural; reduzir o impacto ambiental das cidades, com atenção à qualidade do ar e gestão de resíduos; acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes; políticas e planos integrados para a inclusão, eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, resiliência a desastres.

Um estudo desenvolvido a partir de uma ação pedagógica referente a trilha ecológica, a qual foi vivenciada pelas crianças do Ensino Fundamental-I nos possibilitou identificar as temáticas: i) Elementos da Natureza e ii) Os cuidados e as necessidades do ser humano com a natureza, os quais se caracterizam fundamentais na reflexão sobre o tema. Observa-se que as crianças reconhecem os elementos naturais, bem como, expressam sentimentos de cuidados e pertencimento à natureza. Portanto, essa vivência também permite dividir experiências que estimulam as crianças a apreciar, entender e cooperar com a preservação (Cabeleira; Bianchi, 2021A). Um estudo com professores revela que estes têm enfrentado dificuldades para elaborar e desenvolver atividades significativas e sólidas acerca desse tema no cotidiano escolar e, igualmente, evidenciaram que o trabalho interdisciplinar é predominante em suas ações educativas, pois estas são realizadas voltadas ao desenvolvimento de projetos, ações em campo e atividades coletivas no interior da escola (Cabeleira; Bianchi, 2021B). A partir destas considerações, tem-se o objetivo de apresentar uma reflexão sobre uma atividade realizada na disciplina de Educação Ambiental nas instituições educativas oferecida no Programa de Pós-Graduação.

Percorso educativo interdisciplinar

De posse de uma metodologia qualitativa crítica-reflexiva, realizou-se uma atividade com 12 Pós-Graduandos acompanhados por duas professoras universitárias e dois estudantes de graduação bolsistas do Programa de Educação Tutorial (PET-BIO). Os participantes foram previamente orientados e desafiados a: Compreender a diversidade de situações de recuperação e prevenção de impactos ambientais, visando a sustentabilidade numa vida de qualidade; observar a diversidade conservada, conhecimento do passado para futuras ações e identificar potencialidades que estes locais ofertam para desenvolvimento da Educação Ambiental e sistematiza para socializar suas percepções e reflexões com os colegas. Para obter reflexões significativas foi orientado a: Descrever sucintamente os ambientes e relacioná-los com seu histórico; em cada local identificar as dimensões da sustentabilidade. Também foi elaborada uma Pergunta: Que potencialidades estes locais ofertam para o desenvolvimento da Educação Ambiental? Sistematização: Elaboração de um vídeo para compartilhar com os colegas em forma de relato reflexivo.

Destaque-se, a seguir, pontos fundamentais para discutir a proposição do evento alternativas para a garantia do meio ambiente equilibrado,

do desenvolvimento sustentável e da qualidade de vida. Questões como resgate histórico e cultural, lazer, estudos da biodiversidade, bem como identificação de impactos no ambiente, proporcionaram reflexões, no sentido de intervir para buscar soluções práticas educativas que possam melhorar a qualidade de vida.

Os pós-graduandos foram unâimes em reconhecer que a trilha ecológica apresenta potencialidade para se desenvolver e estudar temáticas com o olhar de diferentes áreas do saber. Sobre a EA, toda a área tem o que dizer, cada qual com suas lentes, como diz Carvalho (2006) ao mudar as lentes as relações entre sociedade, natureza e cultura são repensadas. Neste sentido, nasce a abordagem sócio ambiental. Uma das coisas que o olhar ecológico ajudou a evidenciar foi a estreita conexão entre os processos naturais de degradação ambiental e os modos sociais de uso dos recursos naturais. Aqui consideramos a interdisciplinaridade como uma maneira de organizar e produzir conhecimento que busca integrar as diferentes dimensões dos fenômenos estudados.

Em outra percepção a interdisciplinaridade, entendida como pressuposto da pesquisa em EA em uma perspectiva crítica, não pode ser adotada em seu sentido lógico-formal ou ideal, fora de metodologias que busquem apreender o movimento histórico e as múltiplas determinações que constituem a realidade. Compreendemos que a teoria da complexidade, a interdisciplinaridade e a dialética marxista se aproximam e contribuem nos projetos de transformação societária, quer redefinindo paradigmas ou modos de pensar e atuar, individual ou coletivamente (Costa; Loreiro, 2019).

A discussão sobre a temática da interdisciplinaridade, também tem sido tratada por dois grandes enfoques: o epistemológico e o pedagógico. No campo da epistemologia: estuda seus aspectos de produção, reconstrução e socialização; a ciência e seus paradigmas e o método como mediação entre o sujeito e a realidade. No campo pedagógico: discutem-se fundamentalmente questões de natureza curricular, de ensino e de aprendizagem escolar (Thiesen, 2008).

Do local para o global: educação ambiental e a práxis na produção do conhecimento

Ao observar cuidadosamente os componentes bióticos a abióticos nos diferentes espaços e compará-los sobre o bem ou mal-estar, mesmo

com a percepção dos sentidos e discutir sobre as interferências antrópicas no ambiente, foi possível discutir a importância de reconhecer e preservar a biodiversidade local. Neste sentido, relacionar-se com as questões globais, tais como: destruição da camada de ozônio, aquecimento global, mudanças climáticas, entre outras.

A educação ambiental busca construir valores, conhecimentos e atitudes para a conservação do meio ambiente, promovendo um desenvolvimento sustentável e a participação ativa da sociedade (Brasil, 1999). A trilha ecológica permite desenvolver processos em que os indivíduos tomem consciência dos seus atos, sem perder a coletividade. Trabalhar nesta perspectiva requer que os envolvidos no processo a compreendam como um ato político voltado para a transformação social no contexto local, porém com resultados globais.

Após aulas de intensas discussões teóricas fundamentadas em autores renomados tais como (Carvalho, 2012; Capra, 2006; Loreiro, 2019; Sauvé, 2016, entre outros) foi possível estabelecer interações entre a teoria e a prática na formação de sujeitos ecológicos, pois demonstrou o significado de se considerar os dois campos de estudo ou de conhecer o mundo que nos cerca, o que possibilita alcançar a práxis educativa.

Um estudo desenvolvido por Miranda et al. (2022, p.134) sobre a educação ambiental na práxis do antropoceno e dos objetivos de desenvolvimento sustentável discorrem sobre,

diferentes possibilidades do emprego da metodologia de oficinas para a abordagem da educação ambiental crítica nos níveis do ensino fundamental, médio, superior e de pós-graduação, propondo e promovendo a interdisciplinaridade e o olhar humanista que acolhe as diferentes subjetividades e não dicotomiza a natureza *versus* humanos, o que é observado na abordagem conservacionista. O ambiente não cabe mais como uma fonte de recursos que a espécie humana (ou melhor, parte dela) usufrui e tende a esgotar, mas, como algo dinâmico do qual fazemos parte, somos afetados por ele e por ele também devemos nos tornar responsáveis.

Frente a esta reflexão percebemos o quanto precisamos mergulhar nos estudos teóricos para o entendimento das questões práticas, ou melhor, para entender os fenômenos da natureza. Também para compreender que a ciência não é a única maneira de produzir conhecimento. Para isso há necessidade da interação e o olhar das diversas áreas do conhecimento, o diálogo torna-se fundamental. O campo da Educação Ambiental serviu de alicerce das práticas e das análises.

Uso de tecnologias para questões de sensibilização

O uso de tecnologias no contexto da Educação Ambiental não se limita a ferramentas didáticas ou instrumentos audiovisuais, mas se estabelece como meio de mediação entre sujeitos, território e saberes. Ao articular vídeos, aplicativos, plataformas de compartilhamento e mídias sociais, por exemplo, pode-se potencializar o alcance das experiências formativas vivenciadas em espaços como a trilha ecológica Vó Preta, promovendo um diálogo contínuo com a comunidade, mesmo após a realização das atividades em campo.

Como afirma Barbosa (2019), a mediação tecnológica pode favorecer a construção de uma ecocidadania, ao possibilitar que os sujeitos se reconheçam como parte integrante do meio ambiente e como agentes ativos em sua preservação. Trata-se, portanto, de um recurso que, articulado à práxis educativa, amplia o alcance das ações ambientais e fortalece os vínculos entre o local e o global.

A proposta de sistematizar as vivências da trilha por meio da produção de vídeos reflexivos é um exemplo concreto do uso da tecnologia para sensibilização. O ato de registrar, editar e compartilhar imagens e depoimentos permite aos estudantes reelaborar suas experiências, expressar percepções e afetos, além de construir narrativas com potencial formativo. Essa prática favorece uma aprendizagem significativa, ampliando a escuta e o diálogo com outros grupos sociais, inclusive fora do espaço acadêmico.

A fotografia e o georreferenciamento vêm se consolidando como práticas investigativas potentes no campo da Educação Ambiental, ao aliarem olhar sensível e rigor metodológico na compreensão dos territórios e suas transformações socioambientais. Por meio da fotografia, é possível capturar e interpretar elementos visuais que revelam a relação entre a comunidade e o ambiente, como impactos ambientais, práticas culturais e memórias locais. Já o georreferenciamento permite mapear esses registros no espaço, criando conexões entre dados visuais, geográficos e históricos que favorecem análises críticas e contextualizadas. Essa combinação metodológica estimula o protagonismo dos sujeitos na leitura e interpretação do lugar em que vivem, contribuindo para a construção de narrativas ambientais mais significativas e territorializadas. Segundo Loureiro et al. (2019), essas práticas possibilitam desenvolver uma educação ambiental crítica, ancorada na realidade concreta e na valorização do saber.

local, fundamental para pensar alternativas sustentáveis de forma integrada e participativa.

Apesar das múltiplas potencialidades, o uso de tecnologias na Educação Ambiental exige uma abordagem crítica. Não se trata de substituir a vivência direta com a natureza, mas de ampliar sua potência educativa. É necessário questionar quais tecnologias estão a serviço do processo formativo, quem tem acesso a elas e de que maneira contribuem para formar sujeitos conscientes e comprometidos com a transformação da realidade socioambiental. Como destaca Sauvé (2016), a tecnologia não pode ser neutra: ela deve estar ancorada em valores de justiça, equidade e solidariedade ecológica.

O reconhecimento da cultura e qualidade de vida

A trilha “Vó Preta”, nomeada em homenagem a uma mulher negra que criou suas filhas sozinha perto do arroio Espinho, em Ijuí. A trilha foi revitalizada pela universidade e serve como um recurso educativo para escolas que visitam a região. Entretanto, a trilha também evidencia um problema ambiental significativo: a poluição do arroio, frequentemente utilizada para recreação pela comunidade que muitas vezes não tem consciência ou ignora o estado poluído da água.

O reconhecimento e a integração da cultura local na educação ambiental, torna-se essencial para promover uma abordagem contextualizada e integral. Ao incluir a cultura local, a educação ambiental se torna mais relevante para as comunidades, incentivando a participação e o engajamento nas ações que dizem respeito à conservação do local. Ao utilizar a história e as tradições locais, a educação ambiental pode ter estas informações como um ponto de partida para discutir questões ambientais, como as mudanças climáticas e a perda de biodiversidade.

A educação ambiental deve estar presente em todos os espaços de aprendizagem, não apenas na escola, mas também em comunidades, organizações e meios de comunicação. O processo educacional sobre EA deve ser trabalhado em todos os níveis, com objetivo de superar as lacunas decorrentes da ausência temporal, ou seja, recuperar e incorporar uma abordagem prática e interdisciplinar nas escolas buscando novos caminhos para uma educação mais significativa (Leal; Danelichen, 2018).

A proteção da qualidade da vida humana é essencial para a estrutura do ordenamento jurídico brasileiro, ao passo que o Estado Contemporâneo

busca a tutela do mínimo necessário para a existência digna do ser humano através de instrumentos que promovam a efetividade de tal dignidade. Nesse sentido, torna-se impossível imaginar uma vida justa, digna, sem que haja adequado equilíbrio no meio ambiente em que se encontra o homem (Ferreira, Carneiro, 2024).

Estabelecido pela Constituição Federal de 1988, o Art. 225 regulamenta através de mecanismos jurídicos as relações entre o ser humano e o meio ambiente no que diz respeito à qualidade de vida em um ambiente equilibrado:

todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

Segundo Baptista (2012) o meio ambiente é a maior condição para a existência da humanidade e é preciso que essa existência seja sadia. Contudo, o modelo de desenvolvimento adotado, centrado na exploração intensiva dos recursos naturais em nome do bem-estar humano, tem gerado impactos negativos tanto nos ecossistemas quanto na saúde humana. De tal forma que a degradação ambiental, em seus níveis mais extremos, ameaça a própria sobrevivência da espécie humana.

Ainda segundo o autor, a educação ambiental nesse sentido é fundamental para transformar a visão antropocêntrica predominante, que considera a natureza como um mero recurso a ser utilizado, para uma perspectiva que reconhece os seres humanos como parte integrante da natureza. Tornando-se necessário conscientizar a população sobre a interdependência entre saúde humana e meio ambiente, promovendo uma mudança cultural que valorize a sustentabilidade e o equilíbrio ecológico. Assim, diante da reflexão, é imprescindível pensar e implementar ações que promovam a qualidade ambiental, pois essas medidas impactam não apenas a conservação dos ecossistemas, mas também a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas.

Conclusões

Ao refletir sobre a experiência realizada na Trilha “Vó Preta” como estratégia de valorização do conhecimento comunitário na formação de estudantes e professores, conclui-se que o professor para ensinar ciências

precisa, além de saber os conteúdos, ter oportunidades de realizar trabalhos de campo durante sua formação e ouvir as experiências dos moradores.

As atividades de campo voltadas ao estudo da natureza, significada histórico-sócio-culturalmente e pelo conhecimento científico propicia educação ambiental numa perspectiva ampliada de conceitualização. Nestas ocasiões, não basta sair da sala de aula é preciso interagir com a comunidade para construir uma visão integrada da realidade. Formar um elo de participação na construção da cidade, portanto muito além de procurar construir conhecimento e preservação do ambiente, é uma atividade que proporciona maior aproximação da comunidade, no sentido de otimizar trabalhos posteriores. Para o estudante de ensino fundamental, estas atividades condicionam o conhecimento da realidade e a formação de uma visão crítica acerca da preservação dos recursos, numa discussão do que é possível ser feito por nós e do que precisamos questionar para mudar.

Referências

ATTUATI, M. A. **A ação antrópica no processo de transformação da paisagem, condicionantes históricos e atuais: o caso da micro-bacia do Arroio Espinho, Ijuí-RS.** 1997.

BAPTISTA, V. F. A educação ambiental para um ambiente equilibrado. **Revista Saúde & Ambiente**, Duque de Caxias, v. 7, n. 1, p. 01-09, 2012.

BARBOSA, A. M. A. Educação ambiental e tecnologias: interfaces e mediações possíveis. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 63, 2019. Disponível em: www.revistaea.org. Acesso em: 20 maio 2025.

BIANCHI, V.; ARAUJO, M. C. P.; BARCELLOS, C. R. H.; BOFF, E. T. O. Trilha Vó Preta: conhecimento comunitário na formação de estudantes e professores. In: Encuentro Iberoamericano de Colectivos y Redes de Maestras y Maestros, Educadoras y Educadores que hacen Investigación e Innovación desde su Escuela y Comunidad, 2017, Morelia. Anais do Encuentro Iberoamericano de Colectivos y Redes de Maestras y Maestros. **Anais...** v. 1, p. 1, 2017.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Art. 225. In: Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 maio 2025.

CABELEIRA, M. D. S.; BIANCHI, V. Trilha ecológica como estratégia para a sensibilização em relação ao cuidado com o ambiente no ensino da educação ambiental. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 9, p. 86824-86836, set. 2021.

CABELEIRA, M. D. S.; BIANCHI, V. **Percepções de professores sobre a educação ambiental: reflexões da práxis e formação continuada.** In: Reflexões sobre saberes e práticas em educação ambiental. Cruz Alta: Ilustração, 2021. v. 1.

CAPRA, F. et al. **Alfabetização ecológica:** a educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental:** a formação do sujeito ecológico. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental:** a formação do sujeito ecológico. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

CEPAL. NACIONES UNIDAS. **La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe** (LC/G.2681-P/Rev.3). Santiago, 2018. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br>. Acesso em: [data de acesso não informada].

COSTA, C. A.; LOUREIRO, C. F. Interdisciplinaridade, materialismo histórico-dialético e paradigma da complexidade: articulações em torno da pesquisa em educação ambiental crítica. **Revista Pesquisa em Educação Ambiental**, [s.l.], [s.d.].

FERREIRA, D. B.; CARNEIRO, P. A. R. O meio ambiente ecologicamente equilibrado e a dignidade da pessoa humana. **Revista de Direito Brasileira**, Florianópolis, SC, v. 38, n. 14, p. 212-229, 2023.

LEAL, C. M.; DANELICHEN, P. S. A inserção da educação ambiental no contexto do ensino fundamental. **Ambiente & Educação**, v. 25, n. 2, 2020.

LOUREIRO, C. F. B.; AZEVEDO, F. D.; LAYRARGUES, P. P. **Educação ambiental:** pesquisa e desafios. São Paulo: Cortez, 2019.

MONTEIRO, M. A. Impactos ambientais – o caso da microbacia do arroio Espinho, Ijuí, RS. **Boletim Gaúcho de Geografia**, n. 24, AGB-PA, Porto Alegre, p. 9-160, maio 1998.

SAUVÈ, L. Viver juntos em nossa Terra: desafios contemporâneos da educação ambiental. **Revista Contrapontos - Eletrônica**, v. 16, n. 2, p. 288-299, Itajaí, mai.-ago. 2016.

SORRENTINO, M. **O melhor de ambos os mundos:** pessoas comprometidas com as transformações socioambientais – uma perspectiva latino-americana de educação ambiental. In: VI Conferência Internacional de Educação Ambiental e Sustentabilidade “O melhor de ambos os mundos”. São Paulo: Universidade de São Paulo; SESC, Bertioga, 2014.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino e aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, set./dez. 2008.

Capítulo 10

PRESERVAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA¹

DIOVANA MACHADO DA SILVA²; GABRIELA SCHMORANTZ DE OLIVEIRA DALLAVECHIA³; MICAELA FERREIRA VIANA⁴; GISELE COELHO BÖING⁵

¹Pesquisa desenvolvida no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS.

²Graduada em Letras e Pedagogia, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade e doutoranda em Educação nas Ciências, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: diovana.silva@sou.unijui.edu.br

³Licenciada em Ciências Biológicas, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: gabriela.dallavechia@sou.unijui.edu.br

⁴Licenciada em Ciências Biológicas, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: micaela.viana@sou.unijui.edu.br

⁵Licenciada em Ciências Biológicas, Mestra em Sistema Ambientais e Sustentabilidade e doutoranda em Desenvolvimento Regional, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: prof.gisele.boin@gmail.com

Introdução

As mudanças climáticas são decorrentes das ações do homem no ambiente em que vive, como desmatamento, poluição e aumento da emissão de gases de efeito estufa. Assim, contribuem para o aumento da temperatura média do planeta e ocasionam o aquecimento global. Fatores esses interligados com a rápida industrialização e engrandecimento da comercialização, que tiveram por consequências o agravamento do desmatamento e da perda gradativa da biodiversidade.

A Educação Básica, segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB (9.394/96) possui três modalidades: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. Conforme as Diretrizes Curriculares

Nacionais da Educação Básica, essa é direito indispensável das crianças e adolescentes, e assim, possuem capacidade de exercer sua cidadania.

Relacionar ambos assuntos necessita que os docentes ensinem de forma diferenciada, inovadora e crítica. De acordo com Silva e Loureiro (2019), tem-se a necessidade em ensinar de forma contextualizada, que envolva a educação ambiental de crianças e adolescentes com o seu meio e assim construir elos entre sociedade-natureza-ser humano.

Para introduzir o tema sobre mudanças climáticas e especialmente sua abordagem na educação, primeiro busca-se compreender o contexto histórico das ações antrópicas causadas especialmente na formação do Brasil. Diante disso, foram abordados essencialmente os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC e autores como, Rezende (2016), Jacobi (2014), Fernandes Silva, Costa & Borba (2016) entre outros, a fim de, exemplificar conceitos, suas causas e consequências. Relacioná-las com a pesquisa bibliográfica realizada, exposição e discussão sobre o assunto.

Em seguida, serão apresentadas concepções de porque o ensino sobre mudanças climáticas é significativo na educação básica, discorrendo sobre propostas pedagógicas interdisciplinares que possam ser realizadas, sua relevância na constituição destes sujeitos e sua então concepção de mudança por um mundo melhor.

Segundo Fernandes Silva, Costa & Borba (2016), tais aspectos abordados em aula desenvolvem aspectos éticos, econômicos e ecológicos, a fim de gerar consciência e motivação em realizar ações para diminuir a pressão ambiental. Posto isto, a importância de um ensino que aborde problematizações das realidades.

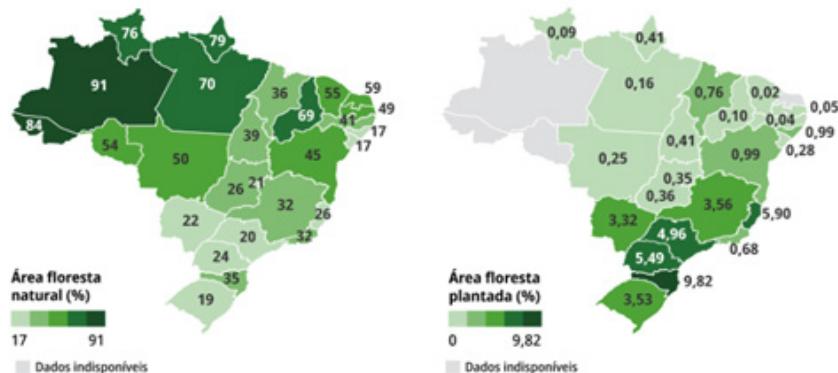
Contexto histórico: olhar voltado à preservação ambiental

O Brasil que se constituiu com a chegada dos europeus, foi através da exploração dos povos originários e exploração dos recursos naturais. No livro “A Ferro e Fogo”, o historiador americano Warren Dean (1932-1994) retrata que: “Um dos primeiros atos dos portugueses que alcançaram a costa brasileira no dia 22 de abril de 1500 foi abater uma árvore para montar a cruz da primeira missa”. Ilustrando apenas o que seria o início de exploração de diversas espécies, dentre elas a árvore-símbolo do Brasil, o pau-brasil (*Paubrasilia echinata*).

O Brasil apresenta seis principais biomas, cada qual com suas características distintas de fauna e flora que compõem a biodiversidade. Porém historicamente, o desmatamento deu lugar ao cultivo de monoculturas, como a cana-de-açúcar e a instalação de centros urbanos, que com o passar do tempo se expandiu exacerbadamente. Sendo um dos biomas mais explorados no território brasileiro a Mata Atlântica, que hoje apresenta uma área equivalente de 29.621.390 ha, representando uma cobertura vegetal de 26,7% de área natural (BRASIL, SFB, 2024). Reduzindo consideravelmente a mata que em mais de 10.000 mil anos se manteve preservada, pelos povos originários.

Ainda assim, a Mata Atlântica continua como um dos biomas das regiões com maior biodiversidade no Brasil, abrigando cerca de 20 mil espécies de plantas, das quais mais de 8 mil são endêmicas e grande parte ameaçadas de extinção (BRASIL, SFB, 2024). A figura 1 representa o percentual de mata nativa e de mata de reflorestamento em cada Estado brasileiro.

Figura 1. Porcentagem de floresta natural e floresta plantada em relação à área das Unidades Federativas do Brasil em 2022.



Fonte: base de dados de florestas do Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2024a) com inclusão da área de florestas plantadas da Pesquisa Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS/IBGE, 2024a).

Como representado na imagem (fig. 1), estados como Amazonas, Acre, Amapá, Roraima, Pará, Piauí, Rio Grande do Norte, Ceará e Rondônia apresentaram mais de 50% de suas áreas cobertas por florestas naturais em 2022. Em contrapartida, Paraná, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, São Paulo, Rio Grande do Sul, Sergipe e Alagoas possuíam menos

de 25% de seus territórios cobertos por tipologias de florestas naturais. (BRASIL, SFB, 2024).

A Mata Atlântica inclui diversos ecossistemas associados, como florestas ombrófilas (densa, mista e aberta), florestas estacionais semideciduais e deciduais, além de manguezais, restingas e campos de altitude (BRASIL, SFB, 2024). Porém as áreas de reflorestamento se constituem em sua grande maioria por monoculturas de eucalipto e de *Pinus*. Na região Sudeste o plantio predominante, e de eucalipto, e na região Sul o plantio mais expressivo é de *Pinus*. (BRASIL, SFB, 2024).

Áreas de reflorestamento constituídas por monoculturas, são amplamente discutidas na academia, como coloca a autora:

As discussões ambientais sobre a expansão das monoculturas florestais, no entanto, são bastante antagônicas. De um lado se postula ser uma atividade econômica de baixo carbono e impactos ambientais pouco significativos e do outro, uma monocultura que provoca danos de grande magnitude principalmente para a biodiversidade, disponibilidade hídrica e manutenção dos pequenos proprietários rurais que desenvolvam outra atividade econômica. (Rodrigues *et al.*, 2021, pag.6).

As florestas são abrigo, fornecem alimento e contribuem para a ciclagem de nutrientes de diversas espécies de animais e de plantas, as áreas de mata nativa ampliam esse leque para uma gama mais variada de organismos, que representam uma maior biodiversidade. As florestas naturais também contribuem para o processo de fixação de carbono, contribuindo para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (Watzlawick, 2024).

Diante desse cenário, as preocupações com as questões ambientais ganham força após a Conferência das Nações Unidas (ONU) sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92, onde o debate sobre os impactos do desenvolvimento nos ecossistemas e na saúde da população ganhou força e conquistou “corações e mentes” (Dias, 2019).

No ano de 1992 ocorreu a Eco-92 ou Rio-92 no Rio de Janeiro -RJ. Neste evento o principal documento retificado foi a Agenda 21, nela se firmou o compromisso com mudanças de padrões de consumo, proteção dos recursos naturais, uso de tecnologias para reforçar a gestão ambiental dos países (BRASIL, 2023). A Eco 92 se consta a urgência de tomada de medidas permanentes para constituição de um planeta mais sustentável e resiliente. Assim, a Organização das Nações Unidas (ONU) reuniu em 2015 líderes de diversos países para assinar o documento “Transformando

o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável" (A/70/L.1), que aborda a tomada de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para serem cumpridos até o ano de 2030 (BRASIL, 2023). Nesse sentido, esta pesquisa dialoga com os ODS números 4- Educação de qualidade e 13- Ação contra a mudança global do clima.

Mudanças climáticas e educação

O clima consiste em ser um conjunto de condições atmosféricas que caracterizam diferentes regiões e exercem influência na vida na Terra. Desta forma, a Climatologia é responsável por estudar os diferentes climas, relaciona com as condições de tempo num determinado lugar, adota-se como normal a condição dos elementos meteorológicos por um período de trinta anos (Pereira; Angelocci; Sentelhas, 2002).

O tempo proveniente da climatologia é o estado da atmosfera que é interpretado sob escalas convencionais que consideram a atmosfera como quente ou fria, úmida ou seca, calma ou tempestuosa, limpa ou nublada, sendo um estado transitório e determinado como condição meteorológica. Sendo assim, a Meteorologia estuda os processos atmosféricos e a previsão do tempo, os fenômenos que ocorrem e as interações entre seus estados químicos e físicos (Ayoade, 2007).

As alternâncias na distribuição estatística de tempo são denominadas como mudanças climáticas e são provenientes de diversas ações naturais, mas principalmente pelas ações antrópicas, ações realizadas pelo homem, como por exemplo a modificação e desmatamento de uma paisagem natural, no uso da terra, expansão urbana e poluição dos lençóis freáticos (Jacobi, P. R. 2014).

Em termos de bem estar humano, a mudança climática representa uma ameaça superior a qualquer outra mudança ambiental. Isso se deve ao seu caráter irreversível, a sua escala espacial global e a sua combinação com fatores sociais e ecológicos que fazem com que seus fenômenos possam ocorrer de maneira incerta, difícil de prever, pois os impactos refletem uma multitudine de complexidades. (Correa-Macana, Comim, 2013, pág.580)

Estas ações antrópicas desencadeiam uma nova era glacial denominada Antropoceno, suas principais consequências serão eventos climáticos extremos, mudanças de ecossistemas, ascensão do nível do mar, migração de populações, desaparecimento de geleiras, redução das calotas

polares e alterações da disponibilidade de recursos naturais (Jacobi, P. R. 2014).

Esta denominação foi cunhada pelo químico Paul J. Crutzen e seu colaborador Eugene F. Stoermer, no qual receberam o Prêmio Nobel de Química no ano de 2002. Essa conceituação tem o objetivo de caracterizar a época geológica atual, onde exemplificam que as ações realizadas pelo homem desde a Revolução Industrial determinam as mudanças geológicas no planeta.

Segundo a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), os eventos climáticos irão tornar-se mais extremos e frequentes devido às atividades antrópicas. Em publicações passadas, cientistas da NOAA já consideravam as mudanças climáticas relacionadas com as ações humanas, mas desde 2018 as evidências têm aumentado e com isso os eventos climáticos extremos.

Conforme o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, (2020), estas atividades antrópicas levaram ao aumento de 1,0°C da temperatura média global e esse número irá aumentar entre 2030 e 2052 para 1,5°C devido a emissões de gases de efeito estufa ocasionando o aquecimento global,

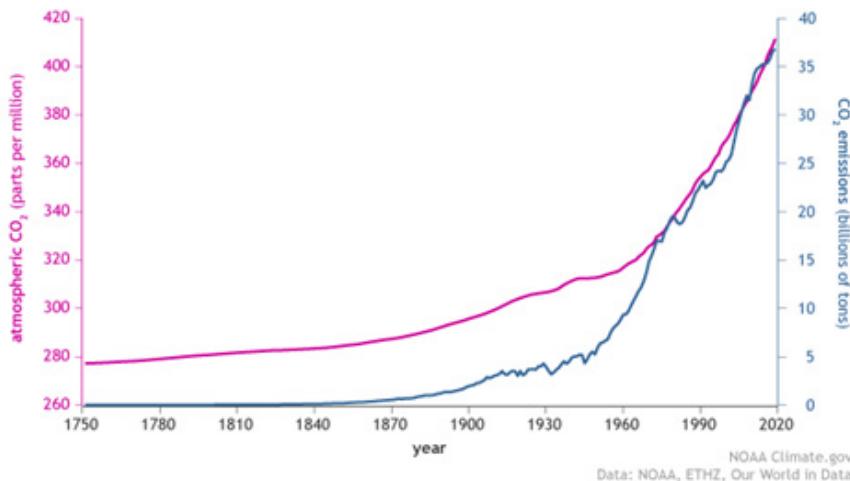
O aquecimento global causado pelo aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, devido a ações antrópicas, influencia temperaturas e circulações oceânicas, que por sua vez atuam para modificar circulações atmosféricas que terão um impacto no funcionamento dos ecossistemas. Em particular, a precipitação pode ser alterada em várias regiões do globo, afetando o manejo da água de forma geral e, com isso, a agricultura, energia e atividades socioeconômicas nas grandes cidades. Toda esta interação tem um custo socioeconômico que pode ser avaliado e posteriormente associado à vulnerabilidade das populações. (Jacobi, P. R. 2014, pág.59)

Estes gases de efeito estufa (GEE) são liberados pela queima de combustíveis fósseis, como por exemplo, dióxido de carbono e dióxido de nitrogênio, causados pelas ações naturais ou antrópicas, já o metano é liberado pela digestão dos animais e de aterros sanitários. Com o aumento excessivo de indústrias, desmatamento e a modificação da natureza, estes gases estão concentrando-se em quantidades maiores na atmosfera. (Baungratz, E. Santos, F. M. Luz, V. 2019).

A quantidade de dióxido de carbono aumentou gradativamente cerca de 5 bilhões de toneladas por ano desde o século XX e aumentará para

35 bilhões até o final do ano, conforme o gráfico abaixo disponibilizado no site Climate.gov interligado com a NOAA.

Figura 2: Gráfico sobre a emissão anual de dióxido de carbono na atmosfera (1750-2019).



Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (<https://www.noaa.gov/climate>).

Conforme Alves (2014), combater o aquecimento global e controlar a emissão de GEE dependem de Tratados Internacionais estabelecidos para que tenham efetividade na comunidade mundial, todavia cada país possui características diferentes como, economia, cultura e principalmente seu desenvolvimento em comparação aos outros.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), nos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) estabelece ações para a preservação da biodiversidade e junto dela questões de saúde, qualidade de vida, educação de qualidade e paz mundial. Neste caso, destaca-se o objetivo 13, *Ação Contra a Mudança Global do Clima*, o qual salienta a resiliência a catástrofes climáticas, medidas em políticas, estratégias e planejamento de medidas de mudanças e melhoria na educação e conscientização humana. Além do objetivo 4, Educação de qualidade, que visa assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos (IPEA, 2019).

As habilidades e competências para minimizar as causas e efeitos das mudanças do clima são empoderamentos alcançados por meio de uma alfabetização climática, capacitando o cidadão a um maior senso de

aquisição, avaliação e utilização de seu consumo, além de auxiliá-lo a refletir sobre suas atividades no meio ambiente e no clima. (Fernandes Silva, Costa, Borba. 2016. pág.184)

Para isso então, visa-se construir ações que auxiliem na diminuição desses problemas ambientais essencialmente pela educação, segundo Bonotto (2012), o trabalho educativo necessita proporcionar a análise de diferentes valores, o desenvolvimento dos mesmos, como a ética e o juízo moral, pois auxiliam no combate do desmatamento e atividades que prejudiquem o meio ambiente.

Mencionar a habilidade para interpretar e resolver situações em contextos ambientais causa certa estranheza pois, ao se discutir ou abordar questões que envolvem a relação sociedade-natureza-ser humano, não diferenciamos um contexto ambiental (ambiente separado de outros aspectos), mas, sim, um contexto socioambiental, por entender que aspectos sociais, econômicos, políticos, culturais, éticos, dentre outros pertencem ao contexto. Por exemplo, sustentabilidade, trânsito e o consumo responsável se integram na relação sociedade-natureza-ser humano. (Silva, S. N. Loureiro, C. F. B. 2019)

A educação como ato de compreender a importância de relacionar-se com o meio em que vive, empenha-se em melhorar suas propostas pedagógicas tendo em vista a formação de sujeitos que buscam preservar a biodiversidade e desenvolver ambientes de trabalho onde exista cooperação ambiental e intervenções sustentáveis.

O caminho para uma sociedade sustentável se fortalece na medida em que se ampliem práticas educativas que, pautadas pelo paradigma da complexidade, conduzam para uma atitude reflexiva em torno da problemática ambiental, visando traduzir o conceito de ambiente na formação de novas mentalidades, conhecimentos e comportamentos. A ênfase na abordagem da complexidade coloca-se como uma alternativa para a busca de novas formas de gerar conhecimento, e promove uma inflexão na estrutura consolidada que gerou uma hierarquia de saberes. (Jacobi, P. R. 2014, pág.65)

Para isso, necessita-se reorganizar os documentos que norteiam a educação básica para que sejam abordados de forma integral as dimensões do desenvolvimento sustentável e clima ambiental, a construção de um currículo com conhecimentos específicos e básicos devem possibilitar um ensino interdisciplinar onde a problemática sobre os tópicos relacionados à mudanças climáticas gerem discussões coletivas mais amplas (Fernandes Silva, Costa & Borba, 2016).

A Educação Ambiental, como campo de conhecimento permeável e articulável em rede a outros tantos saberes, demanda movimentos de religação e associação do que está disjunto. Ela desponta como possibilidade de “reencantamento da educação” pela introdução de novos conhecimentos e novas metáforas oriundos do diálogo e da convergência de várias áreas do saber. Por ser portadora de novas sensibilidades e postura ética, sintonizada com o projeto de uma cidadania ampliada, a Educação Ambiental apresenta uma gama de possibilidades para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais solidárias e comprometidas com a emancipação humana (Rodrigues, A. R. S. 2014).

Professores podem utilizar as Sequências Didáticas (SD) para planejar suas atividades onde utilizam assuntos chamados de “problematizações” relacionando-os com a realidade dos sujeitos a fim de abordar temas complexos e compreendê-los. Cabral (2017), exploram que a SD possibilita aproximar conhecimento e realidade de forma significativa a fim de melhorar a qualidade de vida dos mesmos.

O desafio é, pois, o de formular uma educação ambiental que seja crítica e inovadora, em dois níveis: formal e não formal. Assim a educação ambiental deve ser acima de tudo um ato político voltado para a transformação social. O seu enfoque deve buscar uma perspectiva holística de ação, que relaciona o homem, a natureza e o universo, tendo em conta que os recursos naturais se esgotam e que o principal responsável pela sua degradação é o homem. (Jacobi, P. 2003, pág.196)

Explorar esses assuntos ajudará na compreensão, na resiliência e na diminuição da vulnerabilidade de comunidades, assegurando-as políticas públicas adaptadas às mudanças climáticas e a um sistema de consumo sustentável. Este processo educacional voltado ao debate conscientiza os alunos em suas tomadas de decisões e ações e deve ser realizado nos diferentes níveis de escolaridade.

Considerações finais

Propor atividades que abordem temas do cotidiano de crianças e adolescentes, como mudanças climáticas, preservação da água, alimentação saudável, saneamento básico e o direito à educação de qualidade, vêm a contribuir para sua formação ética, moral e ideológica. Essas temáticas, quando trabalhadas de forma contextualizada, ajudam a desenvolver a consciência crítica e o senso de responsabilidade social dos estudantes.

A escola, como espaço sociocultural, promove a formação integral ao possibilitar experiências educativas em diversos contextos. Nesse sentido, a educação cumpre seu papel emancipador ao preparar crianças e adolescentes para atuarem como agentes de transformação em suas comunidades. Para isso, é essencial repensar e adaptar os currículos escolares, incorporando sequências didáticas que dialoguem com desafios contemporâneos, como as mudanças climáticas.

É necessário debate e pesquisa sobre a complexidade e possibilidades de ensinar práticas em que se articulem natureza, história e cultura. Questionar valores empregados desde nossa inserção na sociedade e a interdependência de acumular bens dos quais não necessitamos, de forma a colocar o meio ambiente em colapso com a perda de biodiversidade acelerada por meio de degradação dos biomas, como a Mata Atlântica, e emissão de gases poluentes na atmosfera, como o dióxido de carbono.

Referências

- ALVES, J. E. D. Sustentabilidade, Aquecimento global e o Decrescimento Demo-econômico. **Revista espinhaço**. 2014, pág. 4-16.
- ALVIM, G. F. PINTO, B. C. T. Proposta de uma sequência didática na construção do conhecimento em educação ambiental. *IX EPEA -Encontro Pesquisa em Educação Ambiental*. Juiz de Fora - MG. 13 a 16 de agosto de 2017, Universidade Federal de Juiz de Fora.
- AYOADE, A. A.; IKULALA, A. O. O. Length weight relationship, condition factor and stomach contents of Hemichromis bimaculatus, Sarotherodon melanotheron and Chromidotilapia guentheri (Perciformes: Cichlidae) in Eleiyele Lake, Southwestern Nigeria. **Revista de biologia tropical**, v. 55, n. 3-4, p. 969-977, 2007.
- BAUNGRATZ, E. SANTOS, F. M. LUZ, V. Aquecimento Global: a efetividade jurídica brasileira. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 4, p. e21151-e21151, 2019.
- BONOTTO, D. M. B. Educação ambiental e valores em um curso de formação continuada de professores: lidando com a apreciação estética. **XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino**, ENDIPE - 23 a 26 de julho de 2012, FE/UNICAMP, Campinas.
- BRASIL. **Ministério da Saúde**. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigidesastres/mudancas->

climáticas#:~:text=A%20mudan%C3%A7a%20do%20clima%20compreende,podem%20ocorrer%20pela%20a%C3%A7%C3%A3o%20 humana. Acesso em: 12 jun. 2020.

BRASIL. Lei de diretrizes e bases da educação nacional. – Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017. 58 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica.** Brasília, DF, 2013. 562 p.

BRASIL. Serviço Florestal Brasileiro. Florestas do Brasil – Dados e Estatísticas: Extensão das florestas no Brasil. Disponível em: <https://publicacoes-snif.florestal.gov.br/florestasdobrasil/pt/recursos-florestais/extensao-das-florestas-no-brasil/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

CABRAL, NATANUEL FREITAS. Sequências Didáticas. Belém-Pará: SBEM/SBEM-PA, 2017.

CLIMATE.GOV. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>. Acesso em: 22 de jul. 2020.

CORREA-MACANA, E. COMIM, F. Mudança climática e desenvolvimento humano: uma análise baseada na abordagem das capacitações de Amartya Sen. **Revista Economía, Sociedad y Territorio.** Vol, XIII, nº. 43, 2013, pág. 577-618.

COSTA, C. A.; LOUREIRO, C. F. A interdisciplinaridade em Paulo Freire: aproximações político-pedagógicas para a educação ambiental crítica. **Revista Katálysis** [online], v. 20, n.1, p. 111-121 jan./abr. 2017.

Dean, W. **A ferro e fogo:** A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira (C. K. Moreira, Trad.). Companhia das Letras. São Paulo. 1996. p. 484.

DIAS, José Diego de Sousa. **Política Nacional de Resíduos Sólidos:** impactos sobre geração de resíduos, coleta de recicláveis, ampliação e frequência dos serviços de limpeza urbana nas regiões brasileiras. 2019. Dissertação de Mestrado. FURG.

FERNANDES SILVA, COSTA & BORBA. A educação em mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. **Revista Holos**, ano 32, vol.4, 2016, p.176-188.

FLEURY, L. C. MIGUEL, J. C. H. TADDEI, R. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. **Revista Sociologias**. Porto Alegre, ano 21, n.51,

maio-ago. 2019, p. 18-42.

IPEA. ODS 4 – **Educação de Qualidade**. Brasília: Ipea, 2019.
Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods4.html>. Acesso em: 15 set. 2025.

JACOBI, P. R. Mudanças climáticas e ensino superior: a combinação entre pesquisa e educação. **Educar em Revista**. Editora UFPR, Curitiba, Edição Especial nº.3/2014, p. 57-72.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, março/ 2003.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acordodeparis/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. <https://www.noaa.gov/news/report-climate-change-is-making-specific-weather-events-more-extreme>. Acesso em: 22 jul. 2020.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf> . Acesso em: 12 jun. 2020.

PEREIRA, Antônio Roberto; ANGELOCCI, Luiz Roberto; SENTELHAS, Paulo César. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. 2002.

PIMENTEL, G. S. R. O Brasil e os desafios da educação e dos educadores na agenda 2030 da ONU. **Revista Nova Paideia - Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**. Brasília/DF, v. 1, n. 3, Núm. Esp. p. 22 - 33 – ANO 2019.

REZENDE, M. J. Os Relatórios do Desenvolvimento Humano e a insegurança humana proveniente da crise da água e das mudanças climáticas. **Revista Polis Latino Americana**. 2016, pág. 1-20.

RODRIGUES, A. R. S. Educação ambiental em tempos de transição paradigmática:

Entrelaçando saberes “disciplinados”. **Revista Ciência e Educação**. Bauru, v. 20, n. 1, p. 195-206, 2014.

Rodrigues, G. S. S. C.; Ross, J. L. S.; Teixeira, G.; Santiago, O. R. P. L.; Franco, C. **Eucalipto no Brasil**: expansão geográfica e impactos

ambientais. Uberlândia, MG: Composer, 2021. 178 p.

SILVA, M. E. D. BAMPI, A. C. O uso da água numa perspectiva socioambiental: a escola como formadora de práticas ambientais. **Revista Eventos Pedagógicos**. V.2, n.1, jan./jul. 2011. pág. 220-229.

SILVA, S. N. LOUREIRO, C. F. B. O sequestro da Educação Ambiental na BNCC (Educação Infantil - Ensino Fundamental): os temas Sustentabilidade/Sustentável a partir da Agenda 2030. **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN – 25 a 28 de junho de 2019.

WATZLAWICK, Luciano Farinha. Contribuição das florestas na mitigação das mudanças climáticas. In: KATAOKA, Adriana Massaê (org.). **O campo da educação ambiental no Brasil: reflexões e alternativas ante ao contexto de emergência climática global**. Curitiba: Universidade Tuiuti do Paraná, 2024. p. 182–213.

QUALIDADE AMBIENTAL E INTERVENÇÃO URBANA: O PAPEL DOS MURAIS NA PAISAGEM DE AUGUSTO PESTANA¹

KAUANY SOARES LARA DE ARAUJO²; DIANE MERI WEILER JOHANN³;
TARCISIO DORN DE OLIVEIRA⁴; PAULA WEBER PREDIGER⁵; IGOR NORBERT
SOARES⁶; FERNANDA DA CUNHA PEREIRA⁷

¹Pesquisa realizada no âmbito do Projeto Integrador: a profissão, Curso de Arquitetura e Urbanismo, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Estudante do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. E-mail: kauany.araujo@sou.unijui.edu.br

³Mestra em Design pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: diane.johann@unijui.edu.br

⁴Doutor em Educação nas Ciências pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. E-mail: tarcisio_dorn@hotmail.com

⁵Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Passo Fundo. E-mail: paula.prediger@unijui.edu.br

⁶Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Passo Fundo. E-mail: igor.soares@unijui.edu.br

⁷Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: fernanda.cunha@unijui.edu.br

Introdução

Apintura de muros em áreas públicas recorre ao muralismo, movimento artístico que, segundo a Encyclopédia Itaú Cultural (2016), se caracteriza pela criação de obras de grande escala em superfícies de parede, geralmente em espaços coletivos. Originado no México, com expoentes como Diego Rivera, José Clemente Orozco e David Alfaro Siqueiros, o muralismo teve como propósito democratizar a arte, levando-a para fora das galerias e museus e tornando-a acessível a toda a população. Ao ocupar o espaço urbano, as obras promovem

não apenas a expressão estética, mas também a reflexão social e cultural, aproximando a comunidade do processo artístico. Na contemporaneidade, artistas brasileiros como Marcelo Diamant, André Morbeck, Dassuen Rabelo Carvalho e Douglas Fonseca (Agência Papoca, 2020) seguem essa tradição, inspirando projetos que integram arte, educação e urbanismo. Dessa forma, o muralismo urbano se configura como ferramenta de transformação social e valorização cultural, fortalecendo a identidade local e o vínculo da população com os espaços públicos.

A relação entre qualidade ambiental e revitalização urbana consolida-se como campo estratégico para promover bem-estar coletivo e pensar espaços públicos, tendo a arte como instrumento de transformação ao integrar estética, identidade cultural e sustentabilidade. Pieve *et al.* (2024) destacam que projetos de intervenção urbana visam transformar áreas degradadas ou subutilizadas por meio de estratégias integradas, voltadas à melhoria da qualidade de vida da população e à revalorização do espaço urbano, articulando dimensões sociais, culturais, ambientais e estéticas que fortalecem a identidade coletiva e promovem vitalidade urbana. Murais urbanos atuam como elementos que embelezam e devolvem vitalidade a espaços urbanos fragilizados, indo além da dimensão visual ao fortalecer vínculos comunitários, incentivar a apropriação social e revelar a revitalização pela arte como prática inovadora que resgata a memória coletiva, valoriza a paisagem urbana e promove novas experiências.

A Escola LBK associa a revitalização artística de muros ao processo de transformação de espaços urbanos, especialmente superfícies externas de edificações, por meio da criação de murais e obras de arte pública. Essa intervenção busca, simultaneamente, embelezar o ambiente, expressar a identidade e os valores da comunidade local, fomentar o envolvimento cívico e o sentimento de pertencimento, além de atuar como catalisadora do turismo cultural e econômico ao atrair visitantes interessados na arte urbana e na história regional. Ao integrar estética, cultura e funcionalidade, a revitalização de muros contribui para a valorização do espaço público, incentivando a participação coletiva e reforçando a percepção de que o ambiente urbano pode ser, simultaneamente, lugar de convivência, expressão artística e patrimônio comunitário.

A revitalização de espaços urbanos por meio da arte transcende a mera estética, configurando-se como uma ferramenta de transformação na qualidade ambiental que fortalece a apropriação do território pela comunidade. Murais, por exemplo, convertem paredes deterioradas ou sem

expressão visual em símbolos de identidade e pertencimento, estimulando a interação e a valorização do espaço urbano. Nesse contexto, Lazzarin (2007) observa que o local revitalizado funciona como uma linguagem artística contemporânea, inserida nas culturas como movimento plural, e como forma de inscrição urbana que dialoga com a coletividade. A intervenção estética transforma o espaço em produto cultural, social e político, promovendo múltiplas interpretações e significados, de modo que a arte urbana não apenas embeleza, mas também engaja e conecta as pessoas ao ambiente, consolidando o espaço público como elemento ativo na construção de identidade do lugar.

Os murais valem-se da arte narrativa que combina imagens e palavras para contar histórias, estabelecendo diálogos entre o público e o espaço em que se insere. Eisner (1989) destaca que seu impacto vai além da simples análise, exigindo reconhecimento e identificação, pois as experiências individuais e o sentimento de pertencimento ao local influenciam a percepção da obra. Quando aplicada em contextos urbanos, essa prática não só embeleza o ambiente, mas também contribui para a qualidade ambiental, incentivando usos mais conscientes do espaço público e promovendo iniciativas de cuidado coletivo. A arte pública funciona como catalisadora de transformações, unindo valorização cultural e revitalização urbana, de modo que a integração entre expressão artística e sustentabilidade cria ambientes urbanos mais acolhedores e significativos, fortalecendo vínculos comunitários e ressignificando a paisagem das cidades de maneira inovadora.

Pieve *et al.* (2024) destacam que a promoção de ações de revitalização de espaços públicos pode resgatar o valor social e econômico de áreas negligenciadas, criando ambientes mais harmoniosos, dinâmicos e seguros para a comunidade. Nesse contexto, o objetivo do texto é relatar o desenvolvimento de uma proposta de revitalização de uma situação-problema pelos estudantes do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuí), oferecendo oportunidade de aplicar conhecimentos em contexto real e contribuindo para o bem-estar social e cultural de Augusto Pestana/RS, de modo que o muro deixe de ser apenas uma barreira física e se torne um espaço que incentiva a interação positiva para a comunidade.

Roteiro de estudo

O presente estudo foi conduzido por meio de uma abordagem exploratória, cuja finalidade consistiu em ampliar a compreensão acerca do objeto investigado. Para tanto, recorreu-se à revisão bibliográfica, com vistas a identificar conceitos e discussões consolidadas na literatura, bem como à pesquisa documental, que proporcionou a análise de registros, normativas e documentos institucionais diretamente relacionados à temática. Ademais, foi empregado o estudo de caso, fundamentado no exame de um relato específico de atividade, o que possibilitou compreender a experiência prática de forma mais detalhada e contextualizada. A articulação entre essas estratégias metodológicas contribuiu para a construção de uma análise, ancorada em referenciais teóricos e em evidências empíricas, permitindo, assim, o aprofundamento crítico da problemática investigada e a identificação de elementos relevantes para a produção de conhecimento na área.

Resultados alcançados

O município de Augusto Pestana, localizado na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, foi inicialmente denominado Serra do Cadeado, em referência ao trajeto percorrido pelos primeiros colonizadores vindos de Cruz Alta, que atravessavam as terras da Fazenda do Cadeado (Prefeitura Municipal de Augusto Pestana, 2021). A colonização efetiva da área teve início em 1901, sob a liderança do Engenheiro Dr. Augusto Pestana, chefe da comissão de terras da Colônia de Ijuí, responsável pela demarcação e organização fundiária local (Prefeitura Municipal de Augusto Pestana, 2021). Suas ações, pautadas em uma visão estratégica de desenvolvimento, possibilitaram a integração de diferentes regiões do estado por meio da ampliação das rotas de transporte, o que favoreceu a circulação de mercadorias e fortaleceu as relações comerciais. Como resultado, o município homônimo consolidou-se como polo regional, atraindo investimentos, diversificando sua economia e acolhendo novos moradores em busca de melhores condições de vida.

Em 2023, em decorrência do alargamento de uma via existente, foi necessária a construção de um muro de contenção na rua lateral do Ginásio Municipal Poliesportivo Alfredo Pellenz. A estrutura projetada apresenta cerca de 134,50 metros de extensão, (Figura 01), sendo executada com pilares e placas pré-fabricadas em concreto armado, além de estacas

moldadas in loco, complementadas por tubos de PVC destinados ao sistema de drenagem e escoamento pluvial.

Figura 01 – Estrutura a ser revitalizada



Fonte: Autores (2025).

A partir dessa intervenção estrutural, a administração municipal vislumbrou a possibilidade de transformar o espaço em um ambiente mais atrativo e integrado à comunidade. Considerando a proximidade de uma instituição de ensino, a proposta buscou articular a arte ao universo infantil, incorporando elementos lúdicos e educativos aliados às práticas esportivas. Dessa forma, a iniciativa não apenas atende a uma demanda de infraestrutura, mas também valoriza a dimensão cultural e pedagógica do espaço, reforçando o caráter social e comunitário da obra.

Para a concepção do projeto, realizou-se um *briefing* com a Secretaria de Educação, no qual foram destacados aspectos essenciais como a necessidade de renovação do muro, a criação de atratividade visual e representatividade artística, além da observância a critérios de acessibilidade, utilização de materiais atóxicos e potencial de interação por meio das mídias sociais. O estilo definido incorporou elementos abstratos, representações realistas e inspirações diversas, organizados em um fluxograma histórico que simboliza as fases da vida e a inserção progressiva do indivíduo na sociedade. Posteriormente, efetuou-se uma visita técnica ao local, a fim de verificar as condições estruturais do muro destinado a receber a intervenção artística. Constatou-se a presença de superfícies irregulares, fissuras e acúmulo de sujeira, o que motivou a proposição de soluções como aplicação de selantes, texturizações e efeitos tridimensionais, além da inclusão de elementos interativos e medidas de preservação que garantam maior durabilidade à pintura.

Os estudantes foram, também, mentorados pela arquiteta e urbanistas Jandha Telles Muller, que desempenhou papel fundamental no processo, acompanhando os grupos, auxiliando na elaboração das ideias e compartilhando sua experiência profissional, o que enriqueceu significativamente a aprendizagem. A proposta escolhida pelos alunos buscou construir uma narrativa visual que representasse o crescimento do indivíduo ao longo de suas fases de vida, evidenciando a inserção na sociedade e destacando emoções e sentimentos, com ênfase na união comunitária e na psicologia das cores. Com base nesse conceito, na disciplina de Expressão e Representação Gráfica, foram elaboradas pranchas contendo desenhos, composições e elementos destinados à execução das pinturas no muro. Para atender às dimensões exatas da estrutura, 134,5 metros de comprimento (Figura 02), e garantir padronização na altura, o espaço foi dividido em três segmentos: 24 metros de comprimento por 1 metro de altura; 36,5 metros por 1,5 metro; e 74 metros por 2,5 metros, incluindo a escada.

Figura 02 – Representação das partes do muro



Fonte: Prefeitura Municipal de Augusto Pestana (2025).

Após a elaboração gráfica inicial do muro em folhas A3, o conceito central foi aprimorado por meio da criação de elementos que utilizam a arte como fonte de inspiração e expressão. Em seguida, os croquis individuais foram analisados e discutidos coletivamente, permitindo ao grupo selecionar a proposta mais adequada e coerente com os objetivos definidos. O projeto buscou valorizar elementos criativos, alegres e interativos, capazes de transmitir sentimentos de felicidade, união e harmonia, de forma a dialogar diretamente com a comunidade e com o espaço educacional no entorno.

As representações visuais foram organizadas em pranchas, garantindo clareza na comunicação das ideias e possibilitando a visualização das etapas necessárias para a execução. Logo no início, apresenta-se um *moodboard* (Figura 03), recurso que sintetiza a essência do projeto ao reunir referências visuais, paleta de cores, texturas e inspirações, funcionando como guia conceitual e estético para toda a intervenção artística.

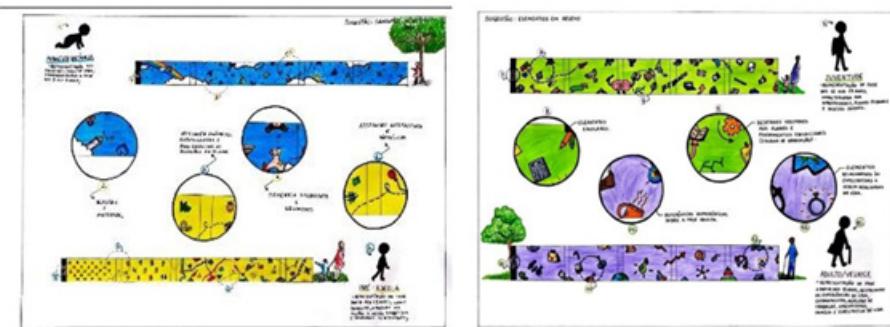
Figura 03 – *Moodboard*



Fonte: Curso de Arquitetura e Urbanismo da Unijuí (2025).

A partir dessa sistemática inicial, a proposta foi desenvolvida com a aplicação de diferentes técnicas e materiais, como marcadores, lápis de cor, nanquim, além de recursos gráficos de degradê, sombreamento e preenchimento, que conferiram maior expressividade e dinamismo às ilustrações. Na etapa seguinte, elaboraram-se as pranchas em vista frontal, organizadas em módulos que detalham toda a extensão do muro, de modo a facilitar a execução e garantir a coerência visual do conjunto. A Figura 04 apresenta composições voltadas à representação da infância, justificadas pela proximidade do espaço com uma escola de educação infantil. Os blocos pictóricos retratam símbolos característicos dos primeiros anos de vida, como mamadeira, chupeta e brinquedos, além de elementos vinculados ao ambiente pré-escolar, como o alfabeto e os algarismos. Essa abordagem reforça o caráter lúdico e educativo do projeto, aproximando a intervenção artística da realidade das crianças que convivem cotidianamente nesse espaço.

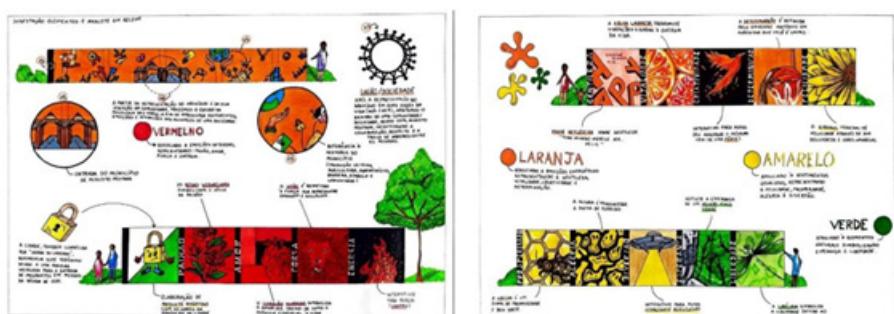
Figura 04 – Proposta de revitalização desenvolvida



Fonte: Curso de Arquitetura e Urbanismo da Unijuí (2025).

A Figura 05 apresenta a representação da juventude e da fase adulta/velhice, contemplando aspectos relacionados ao aprendizado, ao mercado de trabalho, à vida familiar e às experiências que marcam a inserção do indivíduo na sociedade. Essa trajetória é simbolicamente vinculada à cidade de Augusto Pestana, destacando valores como colaboração, respeito e preservação da memória histórica, elementos que reforçam o sentimento de pertencimento comunitário. Nesse contexto, foi desenvolvido um mascote inspirado no topônimo da cidade, concebido como recurso de identificação lúdica e integradora. A proposta também incorporou a psicologia das cores, utilizando as sete tonalidades do arco-íris para potencializar significados e emoções. Entre elas, o vermelho representa paixão, força e energia; o laranja traduz vitalidade e criatividade; o amarelo expressa alegria e prosperidade; enquanto o verde simboliza esperança e liberdade. Dessa forma, a paleta cromática contribui para intensificar a mensagem do projeto, conectando identidade local, arte e vivências humanas.

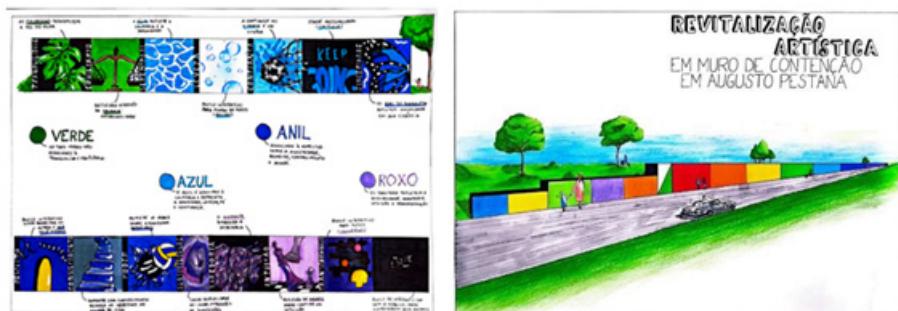
Figura 05 – Proposta de revitalização desenvolvida



Fonte: Curso de Arquitetura e Urbanismo da Unijuí (2025).

A Figura 06 finaliza a composição visual ao completar o arco cromático com os tons verde, azul, anil e roxo, cada um cuidadosamente selecionado para transmitir significados específicos. O verde foi associado à tranquilidade e ao equilíbrio, o azul à serenidade e à confiança, o anil à sinceridade e ao conhecimento, enquanto o roxo representa sabedoria, intuição e transformação. Esses elementos cromáticos consolidam a proposta de utilizar a psicologia das cores como recurso para comunicar emoções e valores essenciais à formação humana e à vida em sociedade. O último bloco do mural foi planejado de maneira diferenciada, assumindo caráter interativo: nele, a comunidade é convidada a deixar sua assinatura ou mensagem, transformando o espaço em um registro vivo de participação social. Essa ação reforça o sentimento de pertencimento coletivo, fortalece os vínculos comunitários e valoriza o mural não apenas como obra artística, mas também como expressão da identidade local.

Figura 06 – Proposta de revitalização desenvolvida



Fonte: Curso de Arquitetura e Urbanismo da Unijuí (2025).

A revitalização urbana por meio da arte em muros estabelece pontos de encontro entre passado, presente e futuro, criando narrativas visuais que contam histórias e capturam a atenção dos observadores. Mais do que simples expressão estética, a pintura mural configura-se como uma poderosa ferramenta de transformação social, capaz de devolver à comunidade lugares sob uma nova perspectiva. Ao valorizar o entorno, a arte urbana promove não apenas a renovação visual, mas também o fortalecimento da identidade cultural e o sentimento de pertencimento coletivo. Para os visitantes, cada mural converte-se em um espaço de interação simbólica, cenário de registros fotográficos e memórias afetivas, no qual cada traço dialoga com o público e cada cor reverbera na paisagem urbana. Assim, a intervenção artística extrapola a dimensão plástica e

assume um papel social, educativo e cultural, trazendo alegria, reflexão e vitalidade ao cotidiano da cidade.

Conclusões

A qualidade ambiental está diretamente relacionada ao planejamento e à vivência dos espaços urbanos pela população, sendo que intervenções artísticas em áreas públicas, como muros, praças e equipamentos coletivos, contribuem para a valorização da paisagem urbana, a promoção do bem-estar e o fortalecimento dos vínculos comunitários. Ao revitalizar um muro de contenção por meio da arte, o espaço antes restrito à função estrutural ganha nova leitura estética e social, integrando-se ao cotidiano dos moradores como ponto de referência e identidade, em diálogo com princípios de sustentabilidade ao promover a ocupação qualificada, estimular a preservação e reduzir a degradação visual. Além disso, o caráter participativo da proposta reforça a dimensão pedagógica, aproximando os cidadãos da compreensão de que a qualidade ambiental urbana não depende apenas de aspectos físicos, mas também de significados culturais e simbólicos atribuídos pela comunidade.

O projeto possibilitou aos estudantes aplicar conceitos de criatividade, uso de cores e representação social na revitalização de um espaço urbano, transformando o muro de contenção em um ponto de encontro visual e cultural; a intervenção artística, além de embelezar a infraestrutura, promoveu reflexões sobre a história local, a identidade coletiva e a importância da convivência comunitária em Augusto Pestana/RS. O educativo foi enriquecido pela vivência prática, que permitiu aos alunos desenvolver uma percepção crítica sobre a relação entre arte, arquitetura e sociedade, evidenciando a relevância da arquitetura como instrumento de transformação social, capaz de ressignificar espaços negligenciados e estimular sentimentos de pertencimento. Dessa forma, a atividade contribuiu para a formação acadêmica, profissional e cidadã dos estudantes, ampliando sua sensibilidade estética, criatividade e compreensão do papel da intervenção urbana como prática que alia qualidade e sustentabilidade ambiental.

Referências

- AGÊNCIA PAPOCA. **14 famosos grafiteiros brasileiros que ganharam as ruas do mundo.** LaArt, 2020. Disponível em: <https://laart.art.br/blog/grafiteiros-brasileiros>. Acesso em: 22 maio 2024.
- ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileira. **Muralismo.** São Paulo: Itaú Cultural, 2024. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br>. Acesso em: 22 maio 2024.
- ESCOLA LBK. **O que é: ativação de espaço** (uso da arte para transformar a percepção de um espaço). Disponível em: <https://escolalbk.com.br/glossario>. Acesso em: 22 maio 2024.
- EISNER, Will. **Quadrinhos e arte sequencial.** Tradução de Luís Carlos Borges. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- LAZZARIN, Luís Fernando. Grafite e o ensino da arte. **Revista Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 32, n. 1, p. 59-74, jan./jun. 2007.
- PIEVE, Carine Prediger da; JOHANN, Diane Meri Weiller; OLIVEIRA, Tarcisio Dorn de; SOARES, Igor Norbert; VARGAS, Simone Lehnhart; SALA, Lia Geovana. Intervenção estética urbana e a formação discente: o conceito de história em quadrinhos aplicado a um muro na cidade de Augusto Pestana/RS. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. e971, 2024.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE AUGUSTO PESTANA (RS). **Informações.** 2021. Disponível em: <https://augustopestana.rs.gov.br>. Acesso em: 22 maio 2024.

Capítulo 12

RESÍDUOS SÓLIDOS E A EDUCAÇÃO BÁSICA: ANÁLISE TEÓRICA DOS PRINCIPAIS ASPECTOS DESSA RELAÇÃO¹

**MICAELA FERREIRA VIANA²; JULIANA MARIA FACHINETTO³; VIDICA BIANCHI⁴;
GISELE COELHO BÖING⁵; DIOVANA MACHADO DA SILVA⁶**

¹Pesquisa realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Licenciada em Ciências Biológicas, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: micaela.viana@sou.unijui.edu.br

³Bióloga, Dra., Professora do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: juliana.fachinetto@unijui.edu.br

⁴Bióloga, Dra., Professora do Mestrado e Doutorado em Educação nas Ciências, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: vidica.bianchi@unijui.edu.br

⁵Licenciada em Ciências Biológicas, Mestra em Sistema Ambientais e Sustentabilidade e doutoranda em Desenvolvimento Regional, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: prof.gisele.boin@gmail.com

⁶Graduada em Letras e Pedagogia, Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade e doutoranda em Educação nas Ciências, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: diovana.silva@sou.unijui.edu.br

Introdução

As discussões sobre questões ambientais ganharam mais visibilidade após a Conferência das Nações Unidas (ONU) sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92, onde o debate sobre os impactos do desenvolvimento nos ecossistemas e na saúde da população ganhou força e conquistou “corações e mentes”. Assim, a partir de conferências da ONU é que temas como a gestão adequada de resíduos sólidos tem ganhado força em todo o mundo (Dias, 2019).

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) compreende um campo de alta importância, devido ao aumento de sua produção gerado pelo crescimento populacional e padrões de consumo e também por necessitar

de políticas públicas inovadoras (Heber; Silva, 2014), que promovam a cooperação entre as cidades e as formas emergentes de governança regional (Maiello; Britto; Valle, 2018).

No que diz respeito à definição de resíduos sólidos, de acordo com o *Dictionary of Water and Waste Management* (Smith; Scott, 2005) pode-se incluir nesse tópico os resíduos comerciais, resíduos de construção e demolição, resíduos domésticos, resíduos de jardim, resíduos industriais, etc, esse termo ainda pode excluir alguns resíduos que são sólidos e têm características importantes, como os resíduos perigosos e os resíduos radioativos (Deus; Battistelle; Silva, 2015).

Por resíduo sólido entende-se todo material que sobra de atividades humanas ou não-humanas. Dagnino (2021, p. 01) conceitua:

O resíduo sólido é entendido como o material que sobrou após processo de elaboração, consumo ou metabolismo – biológico, social ou urbano. Os resíduos sólidos podem ser classificados de diferentes maneiras e podem ser ricos em nutrientes orgânicos ou valiosos enquanto matéria-prima em processos industriais.

Já a Política Nacional de Resíduo Sólidos (BRASIL, 2010, p.) propõe que resíduo sólido é o

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Entre os diversos tipos de resíduos, os resíduos sólidos (RS) se destacam por apresentarem uma substancial parcela dentre todos os resíduos gerados, e quando mal gerenciados, viram um problema sanitário, ambiental e social. A informação sobre as fontes e os tipos de resíduos sólidos, através de dados da sua composição e de sua geração, é o instrumento básico para o gerenciamento dos mesmos (Kgathi e Bolaane, 2001; Klipel, 2015).

O capítulo 21 da Agenda 21 e mais recentemente o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 12 (Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis) tratam especificamente sobre esse assunto, embora nenhum dos ODS traga a palavra “resíduos” em seu enunciado principal nem trate dessa problemática isoladamente. Em resposta a isso, o Brasil sancionou em 2010 a Política Nacional de Resíduos

Sólidos (PNRS), que institui metas e planos de redução, não geração e reutilização de resíduos sólidos em geral em nosso país (Dias, 2019).

Em 2010, nasceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como um importante passo político associado ao gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, por meio da Lei Federal nº 12.305/2010, são instituídas e definidas as prioridades para o gerenciamento de resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento, e ainda a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos (Brasil, 2010).

Essa política exige que os grandes geradores de resíduos sólidos elaborem um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS), que define diretrizes adequadas e estratégias de controle e monitoramento, que possam evitar descartes inadequados e poluição ao meio ambiente, e consequentemente problemas à saúde pública (Araújo, 2019).

Nesse contexto, as escolas e instituições de ensino funcionam como pequenos núcleos urbanos, onde há resíduos de atividades relativas a limpeza, produção de alimentos, administração, salas de aula, entre outras. Dessa forma, é importante que ocorra a caracterização nesses espaços e o desenvolvimento de PGRS (Klipel, 2015).

Visto que as escolas colaboram na geração de resíduos sólidos, é preciso desenvolver ações que visem a diminuição e a destinação adequada dos mesmos. Um plano de gerenciamento de resíduos sólidos possibilita a redução dos resíduos gerados e um melhor aproveitamento e reutilização, além de contribuir com o destino final de cada tipo de resíduo e com a logística reversa (Santos; Costa; Santos, 2019).

Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo analisar a literatura sobre o papel dos resíduos sólidos na sociedade e também a realidade e as ações das escolas frente à esta problemática.

Resíduos sólidos e seus impactos

Ao longo do tempo, as pessoas vêm constantemente inovando e buscando novos meios que permitam melhorias em sua qualidade de vida. A revolução industrial possibilitou enormes avanços nesse sentido e com o advento de novas tecnologias e processos produtivos, as produções aumentaram em quantidade e velocidade para atender a uma crescente demanda por bens de consumo de uma população urbana que aumenta cada vez mais (Soares; Salgueiro; Gazineu, 2007; Dias, 2019).

O consumismo é o eixo principal entre a sociedade, o meio ambiente e a indústria, dado que é um processo que gera alto trabalho para estas e acarreta um quadro de instabilidade ambiental com a busca por recursos naturais, que não são bem gerenciados, ocasionando impactos ambientais (Braga 2012; Nascimento; Filho, 2021). Esses impactos estabelecem importantes fontes de exposição humana a inúmeras substâncias tóxicas (Nascimento; Filho, 2021).

Nesse sentido, cada vez mais materiais são descartados diariamente, o que acarreta uma série de problemas que impactam também na qualidade de vida. Entre esses materiais podemos destacar os resíduos sólidos, líquidos (jogados em ralos, vasos sanitários e bueiros), gasosos (gerados a partir do uso de aerossóis), partículas sólidas dissipadas no ar (fumaça e poeiras) e pastosos (fezes e lodo de esgoto) (UNIJUÍ, 2003).

Existe uma preocupação especial com os resíduos sólidos advindos das cidades, dado que eles são constituídos por restos de alimentos, cascas, podas, entre outros, e são chamados então de lixo úmido. Estes se caracterizam com um dos maiores problemas ambientais, sociais e sanitários, pois em grande parte dos municípios brasileiros não é gerenciado adequadamente (UNIJUÍ, 2003).

Os resíduos sólidos quando mal geridos, causam contaminação de ambientes aquáticos e solos, devido ao chorume gerado, o contato com metais pesados, bem como a emissão de gases de efeito estufa, como os hidroclorofluorcarbonetos. Isso ressalta os efeitos das mudanças climáticas, além do mal estar social e impactos na saúde pública, como a proliferação de vetores como o *Aedes aegypti* (Silva *et al.*, 2019).

A adequada gestão de resíduos sólidos é fundamental para alcançar diversos ODS, como por exemplo, saúde e bem-estar, água limpa e saneamento, cidades e comunidades sustentáveis, produção e consumo responsáveis e ação climática. É necessário haver políticas públicas adequadas para a gestão de resíduos sólidos, que objetivem garantir um futuro mais sustentável para todos. Na África, por exemplo, uma gestão assim é essencial para o desenvolvimento sustentável da região, e faz parte da Agenda África 2063. Esta iniciativa pretende orientar os países africanos a um futuro mais bem sucedido, inclusivo e sustentável, por meio de um conjunto de objetivos estratégicos que abordam os principais desafios do continente (Owusu-Ansah *et al.*, 2022; Camões, Silva, 2023).

A escola, através do viés da educação visa formar alunos preparados para enfrentar os diferentes aspectos da realidade. Por meio desse olhar, é

indispensável a formação de alunos que se sintam responsáveis socialmente e ambientalmente. Dessa forma, a Educação Ambiental é indispensável no contexto escolar, pois por ela se tem uma percepção mais profunda desses diferentes aspectos da realidade, além disso ela possui a capacidade de quebrar paradigmas existentes e aflorar nos indivíduos valores socioambientais, filosóficos, econômicos, éticos, ideológicos e científicos (Zancul *et al.*, 2015; Branco; Royer; Branco, 2018).

Resíduos sólidos no Brasil: geração, destinação e legislação

A geração de resíduos sólidos sempre tende ao crescimento, por exemplo no ano de 2015 foram gerados cerca de 79,9 milhões de toneladas de resíduos urbanos no Brasil (Bochini, 2015). A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) é um processo oriundo das atividades cotidianas do ser humano como a alimentação, o lazer, a produção de energia e o fim da vida útil de algum material (Yoshida, 2016).

Dentro desse contexto, o Brasil sancionou em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituindo metas e planos de redução, não geração e reutilização de resíduos sólidos em geral em nosso país (Dias, 2019; Orlow, 2022).

Esta proposta integra a Política Nacional de Meio Ambiente e articula-se com as diretrizes nacionais para o saneamento básico e a política federal de saneamento básico, aplicando-se tanto à pessoas físicas e jurídicas, responsáveis direta ou indiretamente pela geração de resíduos sólidos e que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos dos mesmos (Brasil, 2010).

A Lei Federal nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), que instituiu a PNRS, expressa diversos problemas em sua aplicação na prática, destacando-se entre eles baixos orçamentos e pouca capacidade das instituições e do gerenciamento dos municípios brasileiros, principalmente os de menor porte (Heber; Silva, 2014).

Na busca do enfrentamento desses desafios, a PNRS estabelece diretrizes de gerenciamento compartilhado como por exemplo a formação de consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos e além disso, ela define a proteção da saúde humana e a sustentabilidade como norteadores de todas as ações do governo nesse meio, identificando objetivos para a extinção dos lixões e potencializando soluções adequadas para a disposição final dos RSU (Brasil, 2010; Maiello; Britto; Valle, 2018).

De acordo com Leite *et al.* (2019) “entre as alternativas de disposição final no solo, a Lei Federal admite apenas o uso dos aterros sanitários, proíbe os lixões (Artigo 47, II) e sequer menciona aterros controlados”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define aterro sanitário como:

a técnica de disposição de RSU no solo que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos à menor área possível e reduzí-los ao menor volume permitível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992).

Já os lixões são áreas sem qualquer controle de qualidade e quantidade dos resíduos recebidos e promovem diversos casos de contaminação de solos, ar e águas, tanto na superfície quanto em áreas subterrâneas, devido à emissão descontrolada de lixiviados e gases, e também a depreciação das paisagens e a presença de catadores e animais nesses locais (Leite *et al.*, 2019). Ainda conforme este mesmo autor, os aterros controlados são áreas com certo controle operacional e ambiental, que não chegam à rigidez de um aterro sanitário, mas são um cenário mais adequado que os lixões.

Frente a isso, em 2022 a população mundial viveu a retomada das atividades pós pandemia pela COVID-19. No âmbito da limpeza urbana e manejo de resíduos, a flexibilização das medidas de distanciamento e isolamento social e o fim das medidas de restrições no comércio, alimentação e educação impactaram diretamente na geração e descarte de materiais (ABRELPE, 2022).

Ainda, segundo a ABRELPE (2022), esse ano também foi significativo na gestão de resíduos sólidos no Brasil, começando com a edição do Decreto nº 10.936/2022, que trouxe nova regulamentação para a Lei 12.305/2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Decreto nº 11.043/2022, que instituiu o Planares - Plano Nacional de Resíduos Sólidos, o principal instrumento previsto na Lei, que estabelece as estratégias, diretrizes e metas para o setor, num horizonte de 20 anos.

Em 2022, o Brasil atingiu aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de RSU, correspondente a 224 mil toneladas diárias, sendo assim cada brasileiro produziu em média 1,043 Kg de resíduos/dia. Embora sejam altos, esses índices apresentaram uma curva regressiva em relação aos anos anteriores, justificados possivelmente devido às novas dinâmicas sociais, com a retomada da geração de resíduos nas empresas, escolas e escritórios, com a menor utilização de serviços de *delivery* comparado ao período de

isolamento da pandemia por COVID-19 e também pela variação do poder de compra da população (ABRELPE, 2022)

Resíduos sólidos enquanto geração de renda

Segundo Diniz e Abreu (2018), um desenvolvimento sustentável necessita de uma gestão ambiental pública que garanta uma disposição dos resíduos sólidos correta e responsável, ou seja, precisa atender aos preceitos legais instituídos pela PNRS como forma de preservar o meio ambiente e garantir a saúde pública.

Toda essa dificuldade de gestão dos resíduos resulta em uma necessidade de um sistema de gestão de resíduos socialmente integrado que acaba se tornando para alguns, que enxergam nos resíduos a única saída para a situação de miséria total em que vivem, uma alternativa de renda. Assim, formam-se as associações ou cooperativas de catadores de resíduos sólidos como uma tentativa de encontrar uma forma de inserção no mundo do trabalho e na sociedade (Zanetti, 2006).

A reciclagem tem um importante papel nas sociedades atuais, pois se envolve nas questões ambientais que refletem em uma reeducação ambiental, com as implantações de coletas seletivas para uma posterior segregação e também quando é vista como uma oportunidade de trabalho e renda para aqueles chamados de “excluídos” do mercado de trabalho, que são os catadores (Virgolin; Silva; Santos, 2015).

Os catadores são os principais agentes atuando na reciclagem e na coleta seletiva dos resíduos sólidos em nosso país, tendo um papel indispensável na PNRS, apesar de, na maior parte das vezes, estarem diante de péssimas condições de trabalho (Fernandes; Costa; Souza, 2020). O passar do tempo garantiu o desenvolvimento de habilidades dos catadores, que se ampliaram e hoje constituem-se uma categoria profissional, oficializada, na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), os tornando verdadeiros protagonistas de um importante movimento político (Virgolin; Silva; Santos, 2015).

O contato direto ou indireto do ser humano com os resíduos em geral, contribui para o surgimento de graves problemas de saúde pública devido aos compostos gerados da decomposição e degradação dos resíduos e que podem contaminar química ou biologicamente as pessoas. Gerenciar os resíduos de forma integrada significa limpar a cidade e tratar seus resíduos usando os recursos mais compatíveis com a realidade local, dando-lhe um

destino final ambientalmente seguro, tanto no presente como no futuro (Gabiatti, 2023).

Infelizmente alguns determinantes culturais são influenciáveis pelo estereótipo do “lixo”, a maioria das pessoas demonstra uma reação de afastamento e estigmatização em relação aos resíduos que produzem, ou seja, a responsabilidade pela produção deste resíduo é ignorada e em muitas vezes nem é questionada. E ainda que o papel do catador tenha tido reconhecimento nos últimos anos, ainda é uma profissão que é muito vulnerável e explorada economicamente, em decorrência do pouco apoio tanto de políticas públicas quanto de empresas envolvidas com o processo de reciclagem (Virgolin; Silva; Santos, 2015).

Ações de educação ambiental em escolas a partir do gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos

A quantidade de resíduos produzidos pelas pessoas vem aumentando diariamente, fazendo com que a gestão de resíduos seja um grande desafio para as cidades. A vida útil dos aterros sanitários, a busca de áreas adequadas para esse aterramento, a presença de catadores em lixões em condições vulneráveis à contaminação e doenças e a falta de recursos financeiros são alguns dos desafios enfrentados para a eficiência desse tipo de gestão. Sendo assim, a minimização desses impactos pode vir através da reciclagem, bem como da reutilização de materiais da conscientização da população sobre produção e consumo em cima somente do que realmente é necessário (Sofa; Lopes, 2017).

Infelizmente, em seu trabalho Sofa e Lopes (2017) constataram que a destinação de resíduos gerados na escola não é adequada, sendo necessário iniciar um trabalho com a intenção de promover informações a respeito da importância da separação de resíduos sólidos e reciclagem, através de práticas de reutilização e separação de materiais, bem como registros dessas atividades para disseminação dos conhecimentos adquiridos posteriormente.

É importante ressaltar também, que no caso de órgãos e entidades de administração pública, desde outubro de 2006 através do decreto número 5.940 é obrigatória a separação de resíduos sólidos recicláveis descartados na fonte geradora e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis (Neto *et al.*, 2020). Diante disso, é necessário inserir conteúdos que abordem sobre este assunto no contexto

escolar, tornando-o parte do cotidiano, para que assim os estudantes possam atuar como multiplicadores de informação, levando os conhecimentos da escola para o âmbito familiar e comunitário, fazendo da escola um espaço educador sustentável (Sofa; Lopes, 2017).

Uma ferramenta importante na busca da sensibilização de comunidades sobre o meio ambiente é a Educação Ambiental (EA), que propicia conhecimentos sobre a importância do meio ambiente para a sociedade e vice-versa. A EA pode ser desenvolvida de maneira informal ou formalmente nas instituições de ensino (Yoshida, 2016). Nesse contexto, práticas educativas que incentivem uma conscientização ambiental e tomadas de decisões benéficas ao meio ambiente são imprescindíveis no processo de atuação individual em prol de um ambiente equilibrado (Santos; Schimdt; Rosa, 2016). Souza et al. (2013) infere que comportamentos ambientalmente corretos são aprendidos na prática, e a escola contribui de forma significativa para que isso aconteça, formando sujeitos críticos e reflexivos, capazes de atuar na complexa realidade socioambiental.

Para que contribua de forma efetiva com a sustentabilidade, a EA não deve restringir-se a apresentar a crise ambiental aos estudantes, ou ainda o meio ambiente como um objeto de observação. As ações educativas ambientais necessitam de aspectos práticos para que tomem significado e sejam efetivas para alunos e comunidade escolar. Realizando práticas ambientais, o educador promove a sustentabilidade de sua comunidade e realiza ela de maneira sustentável. A implantação de um projeto de Educação Ambiental em escolas permite à toda comunidade escolar uma compreensão fundamental dos problemas existentes, do papel do ser humano no ambiente, sua responsabilidade e a criticidade que precisa exercer como cidadão (Effting, 2007).

Como exemplo de sucesso sobre ações de educação ambiental sobre o tratamento de resíduos sólidos em escolas temos o trabalho de Silva et al. (2019) onde se concluiu que o projeto de educação ambiental implementado na escola, embora em um curto período de tempo para as ações (um ano), mostrou-se eficiente na melhora da gestão de resíduos sólidos do local, atuando também na promoção do conhecimento sobre o tema proposto e também nas mudanças de paradigmas, além da melhoria nas ações de gestão dos resíduos sólidos. Desta forma, ressaltando a importância da Educação Ambiental no ambiente escolar e sua efetividade na busca de cidadãos mais engajados com a sustentabilidade ambiental.

Conclusões

A análise teórica realizada neste trabalho, demonstrou o quanto abrangente e relevante tem sido a problemática dos resíduos sólidos, sua destinação e tratamento adequado, justificada pela origem histórica desses resíduos e, os impactos ambientais, sociais e sanitários, decorrentes do consumo excessivo e de falhas na gestão pública. Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), propõe diretrizes para uma gestão adequada dos resíduos, no entanto ela enfrenta desafios em sua prática, como a falta de recursos, desinformação e persistência de lixões. Frente a isso, a reciclagem apresenta-se como solução ambiental e também como fonte de renda, como é o caso dos catadores.

A teoria ainda nos diz que a educação ambiental tem destaque como instrumento essencial na promoção e conscientização de cidadãos críticos. Nas escolas, o desenvolvimento de práticas sustentáveis e projetos voltados para a gestão dos resíduos sólidos mostraram-se eficazes na mudança de comportamentos e na construção de comunidades comprometidas com a sustentabilidade.

Iniciativas como a compostagem, ações de logística reversa e projetos de extensão universitária configuram alternativas ao tratamento e gerenciamento dos resíduos sólidos em espaços escolares, o que promove a sensibilização ambiental de estudantes e da comunidade escolar. Todavia, observa-se também a ausência de políticas públicas específicas voltadas à gestão de resíduos nas instituições de ensino, bem como a necessidade de elaboração de planos de gerenciamento compatíveis com a realidade de cada escola. Também é possível destacar a importância da formação continuada de profissionais da educação básica, o que inclui professores, funcionários e demais colaboradores, na busca do fortalecimento de práticas sustentáveis em articulação com a comunidade.

Referências

ABRELPE, 2022, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em 16 nov. 2024.

ARAÚJO, A. B. F. **Proposta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para a escola de ciências e tecnologia da universidade**

federal do Rio Grande do Norte. Dissertação. Curso de Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 85 p. Natal. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Estimativa dos Custos Para Viabilizar a Universalização da Destinação adequada de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo: Abrelpe, 2015. 91 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: Procedimento. Rio de Janeiro, p. 7, 1992. In LEITE, N. D., PAIVA, B. K. V., OLIVEIRA, M. Z. F. D. S., & SANTOS, G. O. (2019). Lixões, aterros controlados e aterros sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da Lei Federal 12.305/2010.

BRAGA, J.; BENEDITO, P. F.; HESPAÑHOL, I.; LOTUFO, C.; GILBERTO; et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2012. In NASCIMENTO, Pâmela; PINTO FILHO, Jorge Luís. Os impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 38, 2021.

BRANCO, E.P.; ROYER, M.R.; BRANCO, A.B.G. A abordagem da Educação Ambiental nos PCNS, nas DCNS e na BNCC. **Nuances: estudos sobre Educação**, v.29, n.1, 2018

BRASIL. **LEI 12.305/2010, de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 abr 2023.

BOCHINI, Bruno. AGÊNCIA BRASIL. **Produção de resíduos sólidos no país cresceu 1,7% em 2015.** Agência Brasil, Brasília, 4 out. 2016. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-10/producao-de-residuos-solidos-no-pais-cresceu-17-em-2015> . Acesso em: 11 jun. 2024.

CAMÓES, Felizardo Bernardo; DA SILVA, Rodrigo Florencio. Gestão de resíduos sólidos e seu impacto na qualidade de vida: Caso de estudo do Bairro Torrone Velho (Quelimane–Moçambique). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, 2023.

COSTA, Maria Aparecida. **Educação, ciência e tecnologia:** impactos sociais e escolares. São Paulo: Cortez, 2019.

DAGNINO, Ricardo. **Um olhar geográfico sobre a questão dos materiais recicláveis em Porto Alegre: sistemas de fluxos e a (in) formalidade, da coleta à comercialização.** (Trabalho de Graduação) Orientação: Prof. Roberto Verдум. Porto Alegre: UFRGS, 2004. 131p. Disponível em: https://archive.org/details/ricardo_dagnino_um_olhar_geografico. Acesso em: fev. /2023.

DIAS, J. D. S. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: impactos sobre a geração de resíduos, coleta de recicláveis, ampliação e frequência dos serviços de limpeza urbana nas regiões brasileiras.** Dissertação. Mestrado em Economia Aplicada. 43 p. Rio Grande. 2019.

de SOUSA SILVA, I. L., de MELO FERREIRA, A. E., da SILVA SOUSA, S., VINENTE, T. B., & de OLIVEIRA, Y. C. (2019). Educação Ambiental: Foco na Gestão de Resíduos Sólidos em Escolas Públicas de Santarém-PA. **Revista de Extensão da Integração Amazônica**, 1(2), 39-42.

DEUS, Rafael Mattos; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; SILVA, Gustavo Henrique Ribeiro. Solid waste in Brazil: context, gaps and trends. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 685-698, 2015.

DINIZ, Gleison Mendonça; DE ABREU, Mônica Cavalcanti Sá. Disposição (ir) responsável de resíduos sólidos urbanos no estado do Ceará: desafios para alcançar a conformidade legal. **Revista de gestão social e ambiental**, v. 12, n. 2, p. 21-37, 2018.zan

EFFTING, T. R. **Educação ambiental nas escolas públicas:** Realidade e desafios. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2007.

HEBER, Florence; SILVA, Elvis Moura da. Institucionalização da política nacional de resíduos sólidos: Dilemas e constrangimentos na região metropolitana de Aracaju (SE). **Revista de Administração Pública**, v. 48, p. 913-937, 2014.

KGATHI, D.L.; BOLAANE, B. Instruments for sustainable solid waste management in Botswana. Wate management & research; **Journal of the International Solid Wastes Association**; 19(4):342-53, Aug.2001. In KLIPPEL, Adriana da Silva. Gerenciamento de resíduos sólidos em escolas públicas. Monografia. (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Foz do Iguaçu, PR, 2015.

KLIPPEL, Adriana da Silva. **Gerenciamento de resíduos sólidos em escolas públicas.** Monografia. (Especialização em Gestão Ambiental

em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Foz do Iguaçu, PR, 2015.

LEITE, N. D., PAIVA, B. K. V., OLIVEIRA, M. Z. F. D. S., & SANTOS, G. O. (2019). Lixões, aterros controlados e aterros sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da Lei Federal 12.305/2010. **Anais...** 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, realizado em Natal, Rio Grande do Norte, de 16 a 19 de junho de 2019.

MAIELLO, Antonella; BRITTO, Ana Lucia Nogueira de Paiva; VALLE, Tatiana Freitas. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, p. 24-51, 2018.

NASCIMENTO, Fâmela; PINTO FILHO, Jorge Luís. Os impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 38, 2021.

NETO, J. A. R., OLIVEIRA, F. L., OLIVEIRA, E. M. M., SILVA, G. G. C. Capítulo 16: Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na Escola Agrícola de Jundiaí- UFRN. Perspectivas das Ciências Agrárias na Sociedade 5.0: **Educação, Ciência, Tecnologia e Amos**. Recife. Editora IIDV 2020. Disponível em <[https://editora.institutoidv.org/wp-content/uploads/2020/pdvagro/2020/Cap.16-\(p.202-207\)%20PDVAgro%202020.pdf](https://editora.institutoidv.org/wp-content/uploads/2020/pdvagro/2020/Cap.16-(p.202-207)%20PDVAgro%202020.pdf)> Acesso em 4 mai. 2023.

OWUSU-ANSAH, P., OBIRI-YEBOAH, A. A., NYANTAKYI, E. K., WOANGBAH, S. K., & YEBOAH, S. I. I. K. (2022). Ghanaian inclination towards household waste segregation for sustainable waste management. **Scientific African**, 17, e01335. In CAMÕES, Felizardo Bernardo; DA SILVA, Rodrigo Florencio. Gestão de resíduos sólidos e seu impacto na qualidade de vida: Caso de estudo do Bairro Torrone Velho (Quelimane–Moçambique). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, 2023.

DOS SANTOS, André; DE OLIVEIRA COSTA, Valéria Sandra; SANTOS, Thais Garcia. Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos em duas unidades escolares. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 14, n. 4, p. 25-39, 2019.

SOFA, Ana Paula; LOPES, Mário Marcos. Separação de resíduos sólidos no ambiente escolar: fomentando a consciência ambiental. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 20, n. 1, p. 49-61, 2017.

SOARES, L.G..C.; SALGUEIRO, A.A.; GAZINEU, M.H.P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco-um estudo de caso. **Revista Ciências e Tecnologia**. [s. 1.],

v. 1, n. 1, p. 1-9, 2007. Disponível em <http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo5.pdf> In DIAS, J. D. S. Política Nacional de Resíduos Sólidos: impactos sobre a geração de resíduos, coleta de recicláveis, ampliação e frequência dos serviços de limpeza urbana nas regiões brasileiras. Dissertação. Mestrado em Economia Aplicada. 43 p. Rio Grande. 2019.

SOUZA, G. S., MACHADO, P. B., REIS, V. R., SANTOS, A. S., & DIAS, V. B. (2013). Educação ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, 8(2), 118-130.

ULIAN, M. H. S., BIN, R. D. S., GOMES, V. M., & NASCIBEM, F. G. A educação ambiental no tratamento dos resíduos sólidos urbanos e seus impactos socioambientais. **Ciências em Foco**, 14, e021003-e021003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM). Portal de Periódicos CAPES: acervos. Disponível em: <https://bibliotecas.ufms.br/acervos/periodicos-capes/>. Acesso em: 28 jan. 2025.

UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (UNIJUÍ). Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências- Geração e gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes das atividades humanas- GIPEC. 2.ed. rev. - Ijuí: Ed. Unijuí, 2003. -60p. : il. - (Coleção situação de estudo: ciências no ensino fundamental; 1). ISBN 85-7429-279-6.

YOSHIDA, Yuri Mendes Rosa. **Caracterização física de resíduos sólidos gerados em ambiente escolar e eficiência de estratégias de sensibilização na qualidade da segregação na fonte**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ZANCUL, M. D. S., Viveiro, A. A., Nascibem, F. G., Ferrari, A. H., Divardim, D. H., Maria, F. R., ... & Lopes, T. M. (2015). A obra de Paulo Freire na produção científica em educação ambiental (2010-2014). **Encontro paranaense de educação ambiental**, v. 15, 2015.

ZANETTI, I. **As sobras da modernidade:** o sistema de gestão de resíduos sólidos em Porto Alegre, Corag, 2006.

AGRICULTURA FAMILIAR: CONDIÇÕES DE TRABALHO, QUALIDADE DE VIDA, SAÚDE E SUSTENTABILIDADE¹

DANIEL REGES ROSSETTO²; DAIANE ROSO CARINI³; ROBERTO CARBONERA⁴

¹Pesquisa desenvolvida no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS), Linha de Pesquisa em Meio Ambiente e Sustentabilidade do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí, RS.

²Engenheiro Ambiental, Mestre em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, Unijuí, Ijuí, RS. E-mail: danielrossetto2@gmail.com

³Mestranda em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, Unijuí, Ijuí, RS. E-mail: daiane.carini@sou.unijui.edu.br

⁴Professor de Agronomia e do Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, Unijuí, Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br

Introdução

Para que uma propriedade seja considerada de agricultura familiar, é necessário que atenda aos seguintes critérios: I – possuir, a qualquer título, área de até quatro módulos fiscais, que varia de região para região; II – utilizar metade ou mais da força de trabalho proveniente da própria família no processo produtivo e na geração de renda; III – obter metade ou mais da renda familiar a partir das atividades econômicas desenvolvidas no estabelecimento ou empreendimento; e IV – ter a gestão do estabelecimento realizada exclusivamente pela família (Rocha et al., 2022).

A agricultura familiar, embora muitas vezes invisibilizada diante do protagonismo do agronegócio nas grandes mídias e nas políticas públicas, constitui a base da segurança alimentar, da conservação ambiental e da coesão social em diversos territórios. No Brasil, mais de 70% dos alimentos

que chegam à mesa da população têm origem nesse tipo de produção (EMBRAPA, 2018).

Este capítulo propõe uma reflexão integrada sobre os impactos da agricultura familiar na promoção das condições de trabalho, na qualidade de vida das comunidades rurais, na saúde e na construção de modelos sustentáveis de produção e consumo.

A conexão entre produção agrícola, condições de trabalho e saúde humana é profunda e multifacetada. Ao adotar práticas agroecológicas, diversificadas e em harmonia com os ciclos naturais, os agricultores familiares não apenas oferecem alimentos mais saudáveis, com menor uso de agrotóxicos, como também preservam a biodiversidade e os recursos naturais. A sustentabilidade, nesse contexto, deixa de ser um conceito abstrato para se tornar uma prática cotidiana, enraizada nos saberes tradicionais e na relação direta com a terra.

Além disso, é importante reconhecer que a agricultura familiar desempenha um papel estratégico na manutenção da identidade cultural e na perpetuação dos modos de vida rurais. As práticas agrícolas tradicionais, transmitidas entre gerações, carregam valores éticos e ambientais que fortalecem a noção de pertencimento e responsabilidade coletiva sobre o território.

A relevância da agricultura familiar dialoga diretamente com a Agenda 2030 da ONU e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Entre eles, destacam-se: o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao garantir alimentos saudáveis; o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ao reduzir a exposição a agrotóxicos; e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao promover cadeias curtas e conscientes de abastecimento (ONU Brasil, 2025). Tais objetivos reforçam a necessidade de alinhar o desenvolvimento rural às dimensões social, ambiental e econômica, promovendo justiça social e sustentabilidade.

O papel da agricultura familiar no fornecimento de alimentos

A saúde, entendida em sua forma ampliada pela Organização Mundial da Saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, está profundamente ligada ao modo de vida, à forma como nos alimentamos e à nossa relação com o ambiente. Nesse sentido, a agricultura familiar assume papel essencial ao garantir alimentos frescos, diversificados e com menor uso de insumos químicos industriais.

A produção local favorece circuitos curtos de comercialização, reduz a dependência de cadeias logísticas complexas e incentiva o consumo de produtos da estação, mais ricos em nutrientes. Além disso, práticas como rotação de culturas, compostagem e preservação de sementes crioulas não apenas elevam o valor nutricional dos alimentos, como também reduzem riscos de contaminação e intoxicações alimentares.

Outro fator relevante é que a agricultura familiar fortalece o tecido social e econômico das comunidades rurais. Ao promover relações de cooperação entre vizinhos, associações e cooperativas, ela contribui para o desenvolvimento territorial e a geração de renda de forma distribuída. Essa dinâmica reduz desigualdades regionais e estimula a circulação da economia local, promovendo autonomia e resiliência diante de crises econômicas e climáticas. A lógica solidária e comunitária que caracteriza esse modelo contrasta com a competitividade e a concentração de terras típicas do agronegócio.

Por outro lado, sua capacidade de competição é limitada em relação às empresas de médio e grande porte, restringindo, muitas vezes, seu alcance de mercado. Contudo, o fortalecimento desse setor é impulsionado por importantes políticas públicas, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Ao priorizar a compra direta da produção familiar, essas iniciativas governamentais não só estimulam a economia local e garantem renda aos produtores, mas também promovem hábitos alimentares mais saudáveis em escolas e instituições públicas, reforçando um ciclo virtuoso entre produção consciente e saúde coletiva (Rocha et al., 2022).

É importante ressaltar que o fortalecimento da agricultura familiar também depende do acesso a infraestrutura e conhecimento técnico. Estradas adequadas, assistência técnica continuada, crédito rural e capacitação em práticas agroecológicas são fatores determinantes para a permanência das famílias no campo. A ausência dessas condições gera vulnerabilidade, reduz a produtividade e estimula o êxodo rural, especialmente entre os jovens. Nesse sentido, universidades, institutos federais e centros de extensão rural têm papel essencial na difusão de tecnologias apropriadas e no apoio à gestão sustentável das propriedades.

Segundo Schneider e Niederle (2018), a diversificação de culturas amplia a segurança alimentar das famílias e fortalece a resiliência dos ecossistemas locais. Dessa forma, a agricultura familiar consolida-se

como estratégia para mitigar impactos ambientais, promover o equilíbrio ecológico e estreitar a relação entre sociedade e natureza.

A sustentabilidade na agricultura familiar é uma prática cotidiana, vivida na relação respeitosa com o solo, a água e os ciclos naturais. Mais do que evitar a degradação ambiental, busca-se regenerar ecossistemas e promover um modelo de desenvolvimento que respeite os limites do planeta. Essa visão regenerativa reforça o papel do agricultor como guardião da terra, responsável não apenas pela produção de alimentos, mas também pela conservação dos bens comuns.

Sob essa perspectiva, a dimensão ambiental está intrinsecamente associada à dimensão humana. Um ambiente rural equilibrado não apenas produz mais, mas também contribui para o bem-estar das famílias, reduzindo doenças relacionadas à poluição, ao uso de agrotóxicos e ao estresse produtivo. Assim, a saúde ambiental e a saúde humana tornam-se indissociáveis — pilares complementares de uma mesma sustentabilidade.

Nesse contexto, a agroecologia surge como expressão fundamental. Ao integrar saberes populares e científicos, promove sistemas produtivos resilientes, fortalece a soberania alimentar, reduz a emissão de gases de efeito estufa e enfrenta, de forma concreta, os desafios das mudanças climáticas. Pequenos agricultores que adotam práticas agroecológicas não apenas produzem alimentos de melhor qualidade, como também atuam como guardiões da biodiversidade.

Como destaca Giraldo (2018), o modelo agroecológico prioriza adubos orgânicos e o controle natural de pragas, resultando em alimentos mais seguros para o consumo humano e menos poluentes para o meio ambiente. Essa abordagem propicia, ainda, um modelo mais inclusivo e participativo de desenvolvimento rural, baseado na solidariedade e no respeito à natureza.

Ademais, a transição agroecológica demanda políticas estruturantes de apoio, crédito e formação continuada. A criação de feiras agroecológicas, mercados institucionais e redes de consumidores conscientes são instrumentos fundamentais para garantir escoamento da produção e reconhecimento social desse modelo. A valorização da agroecologia, portanto, vai além da técnica agrícola — é um movimento político e cultural que redefine o papel do agricultor e o sentido do alimento como bem comum.

O protagonismo feminino na sustentabilidade

A importância da agricultura familiar para a sustentabilidade e a saúde é inseparável do protagonismo da mulher rural. As mulheres assumem múltiplas funções, participando de todas as etapas produtivas, desde o planejamento da safra até a comercialização e gestão dos recursos, sendo essenciais para a manutenção da renda familiar e para o fortalecimento da coesão social das comunidades.

Historicamente, o trabalho feminino na agricultura familiar está intimamente ligado à preservação da agrobiodiversidade. São as mulheres, frequentemente, as “Guardiãs de Sementes Crioulas”, responsáveis por selecionar, guardar e trocar sementes adaptadas localmente, garantindo a diversidade genética e a resiliência dos cultivos (Martins, Chiusoli & Angnes, 2023). Essa prática ancestral é um ato de resistência contra a uniformização imposta pelo agronegócio e crucial para a soberania alimentar (Lira & Soares, 2023).

Além disso, a organização social das mulheres tem ampliado sua representatividade e o acesso a políticas públicas. A priorização feminina em programas como o PAA, onde as mulheres chegam a ser a maioria das beneficiárias fornecedoras (Conab, 2024), demonstra que a inclusão de gênero não é apenas uma questão de equidade, mas um fator que impulsiona a produção sustentável e fortalece a economia rural.

O protagonismo feminino também tem impulsionado transformações nas relações de poder dentro das comunidades rurais. A ampliação do acesso à educação e à capacitação técnica tem permitido que as mulheres se tornem lideranças locais, participando de cooperativas, associações e movimentos agroecológicos. Essa representatividade contribui para a democratização das decisões e a criação de redes solidárias de produção e consumo.

Para que o protagonismo feminino impulsionne a agricultura rumo à sustentabilidade, é imperativo superar os desafios estruturais remanescentes. Isso envolve a implementação efetiva de políticas públicas que garantam a equidade de gênero no acesso à terra, assistência técnica e capacitação. O reconhecimento formal do trabalho das mulheres, combatendo a tripla jornada (produção, trabalho doméstico e cuidado familiar) e a invisibilidade, é essencial para empoderá-las na tomada de decisões estratégicas.

Ao investirem na liderança e no conhecimento das mulheres rurais, os governos e a sociedade promovem não apenas a justiça social, mas fortalecem a capacidade do setor agrícola de enfrentar, de forma inovadora e resiliente, as complexas ameaças das mudanças climáticas e da insegurança alimentar. Assim, a equidade de gênero torna-se um pilar central na construção de um futuro rural mais sustentável.

Riscos à saúde na agricultura familiar

Aspecto relevante é o impacto psicossocial do trabalho no campo. A proximidade com a natureza e a vivência comunitária geram senso de pertencimento e bem-estar, enquanto, nas cidades, a conexão direta entre produtores e consumidores por meio de feiras orgânicas e cestas agroecológicas resgata a relação com a origem dos alimentos e fomenta o consumo consciente. Além disso, a permanência das famílias rurais em suas terras contribui para reduzir o êxodo rural e, consequentemente, a precarização das periferias urbanas (Wanderley, 2014).

Apesar de seus inúmeros benefícios, a agricultura familiar também impõe desafios significativos à saúde dos trabalhadores. Os riscos podem ser classificados em diferentes categorias:

- Riscos químicos: a exposição a agrotóxicos é uma das principais ameaças. O contato direto na pulverização, o manuseio de embalagens e o consumo de água contaminada podem causar intoxicações agudas com sintomas como náuseas, vômitos e tontura e efeitos crônicos, incluindo problemas neurológicos, distúrbios hormonais, doenças respiratórias e até câncer. A falta de treinamento adequado e o uso irregular ou inexistente de EPIs agravam o problema (Santos *et al.*, 2024).
- Riscos físicos: o trabalho em campo expõe agricultores à radiação solar intensa, variações climáticas, ruído de máquinas e longas jornadas em ambientes abertos. A ausência de proteção adequada contra o sol pode gerar desidratação, queimaduras, insolação e, a longo prazo, câncer de pele. Além disso, acidentes com ferramentas e maquinário são comuns, resultando em cortes, fraturas e até amputações.
- Riscos ergonômicos: devido à predominância do trabalho manual, atividades como colher agachado, carregar caixas, capinar ou bombeiar agrotóxicos com pulverizadores costais

levam à sobrecarga muscular. As regiões mais afetadas são a coluna, os ombros e os membros superiores, favorecendo o surgimento de doenças osteomusculares e lesões por esforço repetitivo (Barth; Heck; Renner, 2022).

- Riscos biológicos: agricultores lidam diariamente com insetos, animais peçonhentos, fungos, bactérias e vírus presentes no solo, na água ou em produtos agrícolas. Doenças como leptospirose, leishmaniose e micoses podem ser transmitidas durante a rotina de trabalho.
- Riscos psicossociais: a pressão econômica, as mudanças climáticas, a instabilidade de preços e o isolamento geográfico afetam a saúde mental dos agricultores. Esses fatores podem gerar estresse crônico, ansiedade, depressão e, em casos extremos, aumentar o risco de suicídio em comunidades rurais.

Esses riscos evidenciam a necessidade de políticas públicas voltadas não apenas para a valorização econômica da agricultura familiar, mas também para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores do campo. É fundamental, por exemplo, fortalecer ações de vigilância em saúde do trabalhador rural, garantir o acesso a equipamentos de proteção individual e promover campanhas educativas sobre o uso seguro de defensivos e boas práticas agrícolas.

Além dos riscos diretos, é preciso considerar os efeitos cumulativos da exposição prolongada a condições adversas. O envelhecimento precoce, o adoecimento mental e o abandono da atividade agrícola são consequências recorrentes da ausência de políticas preventivas. Assim, investir em saúde rural é investir na continuidade e sustentabilidade do campo.

O papel do cooperativismo na agricultura familiar

O cooperativismo representa uma das estratégias mais eficazes para o fortalecimento da agricultura familiar e para a promoção do desenvolvimento sustentável nos territórios rurais. Fundamentado em princípios como solidariedade, autogestão, ajuda mútua e responsabilidade coletiva, o modelo cooperativo estimula a organização econômica dos agricultores familiares, ampliando sua capacidade de inserção e competitividade em mercados cada vez mais desafiadores.

As cooperativas viabilizam o acesso compartilhado a insumos, máquinas, crédito e assistência técnica, o que reduz custos e eleva a eficiência

produtiva. Além disso, a comercialização coletiva confere maior poder de negociação, possibilitando que os produtores obtenham melhores preços e condições de venda. Assim, o cooperativismo contribui significativamente para a redução da vulnerabilidade econômica das pequenas propriedades e para a consolidação da permanência das famílias no campo.

Em estudo de caso com abordagem qualitativa, Fernandes et al. (2018) demonstram que a cooperativa de crédito atua como agente estratégico de desenvolvimento local, ao facilitar o acesso ao crédito rural especialmente por meio do PRONAF e incentivar investimentos em infraestrutura, custeio e modernização das propriedades. Os autores ressaltam que, além de disponibilizar recursos financeiros, as cooperativas de crédito fortalecem as economias locais, estimulam práticas produtivas sustentáveis e favorecem a continuidade das famílias na atividade agrícola, reafirmando seu papel essencial no desenvolvimento socioeconômico do meio rural.

Considerações finais

A agricultura familiar representa um caminho possível e necessário para a construção de uma sociedade mais justa, saudável e sustentável. Mais do que alimentar a população, ela preserva culturas, cuida dos ecossistemas e promove a vida em sua plenitude.

Contudo, é fundamental reconhecer os riscos à saúde que acompanham o trabalho no campo. A ausência de medidas preventivas, a falta de assistência técnica adequada e a escassez de políticas de proteção aumentam a vulnerabilidade dos agricultores, comprometendo a continuidade desse modelo produtivo.

Reconhecer e fortalecer a agricultura familiar exige, portanto, um compromisso coletivo que vá além do incentivo à produção. É preciso implementar políticas públicas eficazes de saúde e segurança no trabalho, garantir assistência técnica, ampliar a educação sobre riscos ocupacionais e assegurar acesso a equipamentos de proteção adequados.

Adicionalmente, o fortalecimento da agricultura familiar deve estar atrelado à valorização dos saberes locais, à promoção da agroecologia e à inclusão social das mulheres e jovens rurais. Essas dimensões são fundamentais para garantir a sucessão familiar e evitar o esvaziamento das comunidades rurais.

O cooperativismo se consolida como um pilar fundamental para o fortalecimento da agricultura familiar e para a construção de um meio rural mais justo, sustentável e solidário. Ao promover a união entre produtores, garantir acesso ao crédito, incentivar práticas agroecológicas e estimular a comercialização coletiva, as cooperativas ampliam as oportunidades de desenvolvimento socioeconômico e reduzem as desigualdades no campo. Seu fortalecimento, aliado a políticas públicas de incentivo e capacitação, é essencial para assegurar a continuidade da agricultura familiar como base da segurança alimentar, da sustentabilidade ambiental e da coesão social nos territórios rurais.

Num cenário global marcado por crises alimentares, ambientais e sociais, a agricultura familiar se apresenta como resposta concreta e viável aos desafios do presente e do futuro. Promover a saúde, garantir qualidade de vida e cuidar da terra não são apenas metas: constituem princípios que orientam uma nova forma de estar no mundo, uma forma que valoriza quem produz o alimento e preserva a vida em todas as suas dimensões.

Referências

- BARTH, Michele; HECK, Júlia Diane; RENNER, Jacinta Sidegum. Agricultura familiar: características das atividades e riscos ergonômicos. **Revista Grifos**. Unochapecó. 2022. Disponível em: <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/grifos/article/view/6713/3641>. Acesso em: 20 set. 2025.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Aumento na participação de mulheres no PAA revela protagonismo feminino no campo, águas e florestas**. Brasília: Portal Gov.br, 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202403/aumento-na-participacao-de-mulheres-no-paa-revela-protagonismo-feminino-no-campo-aguas-e-florestas>. Acesso em: 03 out. 2025.

- FERNANDES, Rodrigo André; DITATI, Rafael; SEVERO, Juglans Aimi; TESSARO, Rodrigo Antônio; FISCHER, Augusto. CONTRIBUIÇÃO DAS COOPERATIVAS DE CRÉDITO NO DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR: O CASO DA SULCREDI OURO. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 88–105, 2018. DOI: 10.18616/rdsd.v4i1.4301. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/RDSD/article/view/4301>. Acesso em: 6 nov. 2025.

EMBRAPA, **Agricultura familiar, desafios e oportunidades rumo à inovação**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31505030/artigo---agricultura-familiar-desafios-e-oportunidades-rumo-a-inovacao>. Acesso em: 22 set. 2025.

ONU Organização das Nações Unidas, Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 22 set. 2025.

GIRALDO, Omar Felipe. **Ecologia Política da Agricultura**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2018.

LIRA, Priscila; SOARES, Thais. **Guardiãs de sementes crioulas preservam legado de biodiversidade e resistência**. Escola de Ativismo, 2023. Disponível em: <https://escoladeativismo.org.br/guardias-de-sementes-crioulas-preservam-legado-de-biodiversidade-e-resistencia/>. Acesso em: 03 out. 2025.

MARTINS, E. M. M.; CHIUSOLI, C. L.; ANGNES, J. S. Guardiãs da vida: Um estudo sobre as mulheres das comunidades tradicionais no cultivo de sementes crioulas. **Desenvolvimento Em Questão**, v. 21, n. 59, 2023.

ROCHA, T.; SILVA FILHA, O. L. ; ALMEIDA, R. L. de .; MATOS, R. da S.; FREITAS, R. M. O. de; MACIEL, E. C. da S. . Desafios do mercado para os produtos de origem animal da agricultura familiar. **Revista Brasileira Multidisciplinar, /S. I.J**, v. 25, n. 1, p. 182-197, 2022. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBram/2022.v25i1.1286. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/1564>. Acesso em: 29 out. 2025.

SANTOS, Evanny L. *et. al.*; Impactos causados pelo uso excessivo de agroquímicos na agricultura familiar: uma revisão. **Revista observatório de la economía latinoamericana**, Curitiba, v.22, n.3, p. 01-15. 2024. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/3746/2586>. Acesso em: 22 set. 2025.

SCHNEIDER, Sergio; NIEDERLE, Paulo André. **Agricultura familiar e agroecologia no Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 2018.

WANDERLEY, Maria de Nazareth Baudel. **O mundo rural como espaço de vida**. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

QUALIDADE AMBIENTAL E DE VIDA ATRELADAS AO DESENVOLVIMENTO DE CONDOMÍNIOS SUSTENTÁVEIS¹

MURILO ANTONIO SCARDOELI MIQUELUCCI²; JULIANA MARIA FACHINETTO³

¹Pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Mestre em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: muriloasml@gmail.com

³Dra, Professora do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: juliana.fachinetto@unijui.edu.br

A construção civil e a sustentabilidade

A construção civil brasileira tem grande impacto econômico e social, pois representa cerca de 6% do Produto Interno Bruto (PIB) (Silva *et al.*, 2021) além da geração de empregos, construção de moradias, estradas e outras melhorias (Roque; Souza; Toledo, 2020). Esse segmento é responsável por causar significativos impactos ambientais devido ao consumo de bens naturais, degradação, poluição (Vechia; Gallardo; Teixeira, 2016) e segundo Sartore; Paulino; Toralles (2020) dos resíduos gerados pela construção civil nos centros urbanos, cerca de 50%, não são destinados aos locais corretos. No Brasil, aproximadamente 40% da exploração de recursos naturais tem como destino a indústria da construção civil (Silva *et al.*, 2021).

As questões ambientais vêm de modo crescente compondo a pauta administrativo-financeira das empresas, sendo considerada nas decisões estratégicas, seja pelo cumprimento da legislação ambiental vigente, seja por exigências do mercado (Vechia; Gallardo; Teixeira, 2016), fazendo o projetar sustentável na execução de projetos ser uma necessidade no Brasil e no mundo (Andrade, 2013). De acordo com a Câmara da Indústria da Construção (2008), a construção civil deve planejar a escolha dos materiais de uso, a menor geração de resíduos durante a obra e a racionalização

do uso da energia e da água. Através deste planejamento, os custos operacionais e regulatórios podem diminuir, enquanto a valorização do imóvel aumenta, resultando em um melhor custo-benefício a curto e a longo prazo (Rodrigues, 2018).

Embora muitos movimentos constituam apenas um artifício político ou um simples modismo, existem boas iniciativas, que começam a produzir resultados concretos de conscientização ambiental no país, fazendo parte, aos poucos, de nosso dia a dia (Zordan, 1997), uma vez que, o acesso a um meio ambiente ecologicamente equilibrado é direito fundamental de todos os cidadãos, garantido pelo art. 255 da Constituição Federal (Alcoforado; Silva, 2018). Para o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Rio Grande do Sul (2016), na construção civil, só será possível ser sustentável, de fato, quando toda a cadeia produtiva envolvida no desenvolvimento do empreendimento for reunida (Claro; Claro; Amâncio, 2008).

Frente aos atuais fomentos das ideias sustentáveis na construção de residências, as ecotécnicas são alternativas disponíveis no mercado, ao considerarem o melhor aproveitamento dos materiais e recursos disponíveis (Campos, 2016). Isso vem sendo uma das maneiras de mudar a forma de pensar das pessoas, as fazendo refletirem sobre o que pode ser feito para preservar o meio ambiente durante a construção de sua casa, tornando-a uma residência sustentável (Hennemann *et al.*, 2013), e promovendo um maior conforto ambiental e térmico (Cardoso; Vaghetti, 2012).

Condomínios residenciais e as áreas verdes e de lazer privativas

Ao longo dos anos, vem se expandindo显著mente a presença dos condomínios horizontais fechados, gerando diferentes níveis de impactos nos espaços (Koch, 2008). Eles se adaptaram para atender as necessidades de segurança da sociedade urbana (Savioli, 2012). Ao somar os problemas econômicos a isso, dados mostram que cada vez menos os municípios brasileiros estão investindo em locais de lazer, privando os munícipes de lugares apropriados ao descanso e diversão (Pantarotto, 2016).

Observa-se que, uma das estratégias das construtoras para manter-se competitivas, é buscar oferecer áreas de lazer cada vez mais elaboradas para seus moradores, já que é um dos motivos que mais influenciam a escolha

dos condomínios fechados (Martyn, 2008), concomitante a extensas áreas livres em seu interior (Savioli, 2012). Caracterizados de contemporâneos, aqueles condomínios que oferecem opções de lazer sem a necessidade de os condôminos saírem de casa, fazendo com que estes momentos sejam mais acessíveis, e mais seguros (Policarpo, 2019).

Uma das alternativas para esses momentos de lazer, é a presença de uma área verde privativa, com vista ampla e agradável, permitindo que as atividades sejam feitas em meio à natureza (Tsuda, 2010) e que dispense a necessidade de sair de casa, para evitar problemas com trânsito, estacionamento ou violência (Neto; Moura; Lopes, 2018), uma vez que as áreas verdes estão constantemente sendo degradadas na cidade (Barbosa, 2005). Segundo Malheiro (2013), existe uma ligação entre a saúde mental positiva e o envolvimento das pessoas em comportamentos sustentáveis, ampliando também a consciência social.

Estudos associam a presença de áreas verdes próximas, nas quais predominam a vegetação arbórea, à satisfação de três objetivos principais: estético, ecológico-ambiental e de lazer, além de inúmeros benefícios tais como conforto térmico, atenuação da poluição do ar, sonora e visual, abrigo da fauna, valorização visual, além de estarem intimamente ligadas ao lazer, recreação, educação, convívio social (Londe; Mendes, 2014). Melhoraram também as condições microclimáticas como umidade do ar, radiação solar e velocidade do ar (Barbosa, 2005), redução da insolação direta e amplitudes térmicas (Pinheiro; Souza, 2017).

As intervenções ambientais nas áreas de lazer disponíveis são umas das mais eficazes ações para estimular as práticas de atividade física na comunidade, essas quais, se praticadas regularmente, são extremamente importantes na tentativa de redução de risco de doenças, aumentando a aptidão física e qualidade de vida da população (Fermino; Reis; Cassou, 2012).

De acordo com Pinheiro; Souza (2017), as áreas verdes são também muito importantes no ciclo hidrológico, auxiliando a infiltração da água da chuva, controlando as enchentes e amenizando o escoamento artificial. Na sociedade humana, a água também está ligada as questões de saúde, a necessidades pessoais, atividades econômicas, sociais e de lazer (Souza *et al.*, 2014) e a sua utilização de forma responsável, é mais uma das formas de se alcançar o desenvolvimento sustentável (Alcoforado; Silva, 2018).

Gestão de recursos hídricos para o lazer e conservação ambiental

Através do Congresso Nacional se estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, pela Lei 9.433/1997, relatando os objetivos:

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I – Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II – A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III – A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Monitorar a qualidade da água se tornou um dos principais instrumentos no planejamento dos recursos hídricos, podendo gerar dados que auxiliem na minimização de impactos ambientais, que nos permitam avaliar o conjunto das suas características em detrimento da sua forma de uso estabelecido, identificando também o grau de poluição existente (Lemos; Neto; Dias, 2010).

Observa Bettega (2006, p. 951) que:

[...] A avaliação da presença de organismos patogênicos na água é determinada pela presença ou ausência de um organismo indicador e sua respectiva população. O isolamento e identificação de cada tipo de microrganismo exige uma metodologia diferente e a ausência ou presença de um patógeno não exclui a presença de outros.

A fazer uso da água de maneira inadequada, podem ocorrer alterações que comprometem o acesso a esses recursos, tendo em vista que a qualidade da água é um aspecto importantíssimo para a prática de diversas atividades: irrigação, atividades de navegação, abastecimento e a pesca.

Dada a importância do seu monitoramento, é essencial a implantação de um controle de qualidade e manejo da água de acordo com seu devido uso, como é estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (Souza *et al.*, 2014) e a definição das Áreas de Preservação Permanente (APP) no entorno de nascentes, tamanha importância delas, frente a preservação do equilíbrio do ecossistema aquático (Guedes, 2017).

De um ponto de vista histórico, a pesca sempre fez parte da cultura humana, podendo representar uma necessidade alimentar de diversas

comunidades (Aguirre, 2018) ou geralmente quando realizada em rios de água doce, sendo chamada de pesca esportiva (Albano; Vasconcelos, 2013), não permitindo a captura do peixe para a alimentação, e sim para o lazer (Albano; Vasconcelos, 2013). Entretanto, algumas atividades antrópicas são grandes causadoras de diversos problemas de poluição dos ambientes aquáticos, sendo necessário que ocorra uma gestão sustentável da atividade, para que ela se torne viável a longo prazo (Albano; Vasconcelos, 2013).

Diante desses desafios da humanidade, em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU), através da Agenda 2030, estabeleceu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), integrados por 169 metas e 232 indicadores, qual foi adotado por 193 Estados membros da ONU (Kronemberger, 2019). Como mostra o estudo de Gaertner *et al.* (2021) as suas metas contemplam:

[...] Acabar com a fome e a pobreza, combater desigualdades, estabelecer sociedades mais pacíficas, justas e inclusivas, promover a igualdade de gênero, promover o bem-estar e a saúde, possibilitar uma educação inclusiva e de qualidade, combater as mudanças climáticas, gerir o fornecimento de água tratada e saneamento a todos, assegurar a conservação dos oceanos, proteger e recuperar os ecossistemas, assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis.

A água, um direito fundamental da humanidade, é representada através do ODS 6 (Água potável e Saneamento) e com outros Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: ODS 3 (Saúde e bem-estar) (Souza, 2018) e o ODS 14 (vida na água) (Dantas; Fontgalland, 2021). Somado a isso, repensarmos nossos usos de materiais na construção de nossas casas, fomentando o crescimento econômico e permitindo o acesso as áreas verdes, possibilita a realização dos ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (consumo e produção responsáveis), ODS 17 (parcerias e meios de implementação) (Assis; Nunes, 2019) e também na preservação dos recursos naturais, sendo um importante fator para conservar a vida terrestre, objetivo destacado no ODS 15 (vida terrestre) (Backes; Kurek; Hoose, 2022).

Diante da importância das áreas verdes como promotores de saúde e bem-estar à população, estes espaços em condomínios habitacionais tornaram-se uma alternativa em expansão e a análise de indicadores ambientais como uma maneira de desenvolver e propor ações para contribuir para a manutenção da qualidade ambiental e de vida, se torna fundamental.

Considerações finais

Se torna fundamental o monitoramento e conhecimento da população sobre as espécies de animais e vegetais nativas de sua região dadas a sua importância ecológica, respaldadas também pelas legislações ambientais. Estas práticas, além de estarem atreladas aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, garantem melhorias na qualidade de vida, ambiental e social, da população.

Ao preservar e recuperar as Áreas de Preservação Permanente (APP), a partir do controle das espécies exóticas invasoras e introduzindo espécies adequadas, pode ocorrer o enriquecimento da fauna e flora do local, fortalecendo a biodiversidade presente. Os indicadores ambientais

Parte da população e do mercado da construção civil, mostra-se preocupado com as questões ambientais, e estão dispostas a investir financeiramente em moradias que possam atrelar o desenvolvimento de novas casas com o mínimo de impactos ambientais possíveis, durante suas fases de construção e finalização, pois estudos já demonstram e reforçam a importância da conservação do meio ambiente atrelada ao desenvolvimento, na melhora do bem estar social, físico e mental dos seres humanos.

Referências

- AGUIRRE, H. M. **Perfil da prática de pesca esportiva no Brasil**, Uruguaiana, 2018.
- ALBANO, C. J.; VASCONCELOS, E. C. D. Análise de casos de pesca esportiva no Brasil e propostas de gestão ambiental para o setor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, p. 77-89, 2013.
- ALCOFORADO, C. G.; SILVA., R. F. D. Sistema de tratamento de esgoto doméstico em condomínio horizontal e reuso de águas cinzas. **CIENTEC**, p. 85-99, 2018.
- ANDRADE, D. B. Indicadores de Sustentabilidade para a Produção Arquitetônica atual. **Especialize On-Line IPOG - Indicadores de Sustentabilidade para a produção arquitetônica atual**, dezembro 2013.
- ASSIS, G. B. R. D.; NUNES, V. G. A. Inovação social: estudo sobre um modelo de identificação e sua relação com os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Mix sustentável**, Florianópolis, 5, n. 5,

novembro 2019. 109-122.

BACKES, B. R.; KUREK, J.; HOOSE, A. Sustentabilidade no setor industrial: uma análise das empresas no município de passo fundo (RS). **Revista CIATEC - UPF**, Passo fundo, 14, n. 2, 2022. 16-26.

BARBOSA, R. V. R. Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió (AL), São Carlos, 2005. 135.

BETTEGA, J. M. P. R. et al. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 950-954, 2006.

BRAGA, A. et al. Poluição Atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, p. 58-71, 2001.

CÂMARA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: [s.n.], 2008. 60 p.

CAMPOS, V. A. F. D. **Implantação de um condomínio Sustentável**, Guaratinguetá, 2016.

CARDOSO, L. A.; VAGHETTI, M. A. O. Habitação popular sustentável: sustentabilidade econômica e ambiental. **Revista da Arquitetura da IMED**, p. 133-140, 2012.

CLARO, P. B. D. O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista De Administração**, p. 289-300, 2008.

DANTAS, N. D. S.; FONTGALLAND, I. L. Análise das Leis Ambientais Brasileiras e sua Interface com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS. **Research, Society and Development**, 10, n. 4, 2021.

FERMINO, R. C.; REIS, R. S.; CASSOU, A. C. Fatores individuais e ambientais associados ao uso de parques e praças por adultos de Curitiba-PR, Brasil. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, p. 377-399, 2012.

GAERTNER, E. W. et al. Alinhamento de pesquisas científicas com os ODS da agenda 2030: um recorte territorial. **FRONTEIRAS - Jornal of Social, Technological and Environmental Science**, 10, n. 2, 2021. 26-45.

GUEDES, E. V. S. **Avaliação da área de preservação permanente e qualidade da água do olho d'água caraíbas nascente do rio Palmeiras**

(Cristalândia-PI), Corrente, 2017.

HENNEMANN, N. R. et al. Casas sustentáveis: conhecer para construir e para preservar o meio ambiente. **Revista Destaques acadêmicos**. Edição Especial, 2013.

KOCH, M. R. Condomínios fechados: as novas configurações do urbano e a dinâmica imobiliária. **Indicadores Econômicos FEE**, p. 99-116, 2008.

KRONEMBERGER, D. M. P. Os desafios da construção dos indicadores ODS globais. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 71, n. 1, 2019. 40-45.

LEMOS, M. D.; NETO, M. F.; DIAS, N. D. S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2010.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, p. 264-272, 2014.

MALHEIRO, A. I. C. **Gestão de Condomínios: redesenho dos serviços em busca do desenvolvimento sustentável e promoção da inovação social**, Porto, Setembro 2013.

NETO, F. V.; MOURA, S. K. M. S. F.; LOPES., D. T. Importância das atividades físicas nos condomínios: Revisão integrativa. **Revista Campo do Saber**, p. 88-104, 2018.

PANTAROTTO, L. M. **Lago da Raquete: usos e convivência em um espaço público**, Araçatuba, 2016.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, p. 67-82, 2017.

POLICARPO, J. T. D. S. **Alternativas de lazer ofertadas pelos condomínios da região de Florianópolis**, Palhoça, 2019.

ROQUE, L. C.; SOUZA, V. A. F. D.; TOLEDO, R. F. D. Reutilização de sobras de piso da construção civil na perspectiva da sustentabilidade. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 4, p. 739-760, out/dez 2020. SARTORE, I. C.; PAULINO, R. S.; TORALLES, B. M. Utilização de piso grama fabricado com agregados de RCD em calçamentos: uma alternativa para drenagem urbana. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 4, p. 269-278, dezembro 2020.

SAVIOLI, G. F. **Condomínios Residenciais fechados: um estudo de caso no município de Itu - SP**, Rio Claro, 2012. 67.

SILVA, W. D. A. et al. Barreiras à sustentabilidade ambiental na logística da construção civil habitacional em Curitiba/PR. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, p. 1-25, 2021.

Sindicato Das Indústrias Da Construção Civil Do Estado Do Rio Grande Do Sul. **Guia de Sustentabilidade na Construção Civil no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: [s.n.], 2016.

SOUZA, J. R. D. et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Casos Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodema**, p. 25-46, 2014.

SOUZA, T. P. D. Água (ODS 6), programa cisternas e o novo regime fiscal brasileiro. **Revista das Faculdades Integradas Vianna Júnior - Vianna Sapiens**, Juiz de Fora, 9, n. 1, 2018.

TSUDA, L. S. A apropriação das áreas verdes pelos condomínios residenciais verticais no município de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, 2010. 43-60.

VECHIA, N. R. G.; GALLARDO, A. L. C. F.; TEIXEIRA, C. E. Aspectos ambientais do setor da construção civil: roteiro para a adoção de sistemas de gestão ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços. **Sistemas & Gestão**, p. 17-30, 2016.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄÄS, I. A. Sustentabilidade na Construção Civil. **Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**, 2011.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto**, Campinas, 1997.

Capítulo 15

LINHAÇA: UMA CULTURA EMERGENTE PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL NO SUL DO BRASIL¹

INAÊ CAROLINA SFALCIN²; JULIANA MARIA FACHINETTO³

¹Pesquisa realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ Ijuí, RS. E-mail: inaesfalcin@gmail.com

³Dra., Professora do Mestrado em Sistemas Ambientais UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: julianafachinetto@yahoo.com.br

Introdução

O crescimento populacional das últimas décadas e a contínua diminuição da diversidade biológica têm gerado preocupações em nível global quanto à produtividade das culturas, a sustentabilidade da cadeia produtiva e a manutenção da segurança alimentar (Pereira; Coimbra, 2019). Nos últimos anos, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) tem se dedicado a dar visibilidade ao grupo de culturas de grande potencial para fortalecer a nutrição global, a produção sustentável e a segurança alimentar, em consonância com os esforços em prol da ação climática (Nações Unidas, 2023). É neste contexto que a linhaça surge como uma proposta emergente. Ela possui alto valor nutracêutico e vem sendo reconhecida por seu potencial como fonte nutricional para suprir as necessidades alimentares diante da demanda global (Isleib, 2012; Anjun *et al.*, 2017; Jhala; Hall, 2010).

Conhecendo a linhaça

O nome científico *Linum usitatissimum* L. foi atribuído por Carl Linnaeus em 1753 em sua obra “Espécies Plantarum”, onde o epíteto específico, “*usitatissimum*”, significa “mais útil”, destacando as inúmeras

aplicações da planta (Jhala; Hall, 2010; Johnson; Kerr, 2019; Lúcio *et al.*, 2021). Linhaça é a semente produzida pelo linho (*Linum usitatissimum* L.), uma espécie de planta herbácea anual, pertencente à família Linaceae e cultivada comercialmente ao redor do globo para fins de produção de fibra e óleo. A cultura é conhecida popularmente como linho quando seu cultivo objetiva a obtenção da fibra, ou linhaça, quando se destina à produção de sementes (Diederichsen; Richards, 2003), como é o caso do Brasil.

Desde a semeadura até a maturidade, pode apresentar um ciclo de 90 a 150 dias, com plantas esguias e alongadas (Figura 1a e 1b), de folhas verdes, inflorescências variando da cor branca ao azul e ao lilás, e frutos em formato de cápsulas marrons (Jacobsz; Van-Der-Merwe, 2012; Canada, 2019). As flores terminais possuem todos os elementos florais de cálice, corola, androceu e gineceu. Estames e carpelos ocorrem em número de cinco e cada carpelo possui um pseudosepto que aloca dois óvulos, somando 10 células no gineceu sincárpico (Gautam; Maurya; Chauhan, 2020; Diederichsen; Richards, 2003; Dressler; Repplinger; Bayer *et al.*, 2014).

Linum usitatissimum apresenta dois genótipos de interesse no mercado, a linhaça marrom (Figura 1c) e a dourada (Figura 1d), cuja cor da semente é determinada pela quantidade de pigmentos em seu revestimento externo, influenciada por fatores ambientais e genéticos (Barroso *et al.*, 2014). A linhaça dourada é cultivada em maior parte nas regiões predominantemente frias, como o Canadá e o norte dos Estados Unidos, enquanto a marrom predomina em regiões de clima subtropical, como o Brasil (Cupersmid *et al.*, 2012), o qual possui hoje 13 cultivares registradas no país (MAPA, 2022). Em condições de boa oferta hídrica, a linhaça dourada apresenta médias mais altas de rendimento de sementes, enquanto que a linhaça marrom tem maior tolerância à seca, com maior produtividade do que a dourada no cenário de estresse hídrico (Zare *et al.*, 2021).

Figura 1: Campo de cultivo de Linhaça em Augusto Pestana – RS (A), porção terminal da planta de linho, evidenciando flor, cápsulas e folhas (B) e sementes de linhaça marrom (C) e dourada (D).



Imagens: Inaê Carolina Sfalcin (2023)

O linho é a única espécie cultivada pertencente à família Linaceae, família com mais de 250 táxons distribuídos em cerca de 13 gêneros (Dressler; Repplinger; Bayer, 2014; CABI, 2018). Esse grupo tem uma distribuição global, sendo encontrado em regiões temperadas e tropicais, embora mostre preferência por climas frios. No Brasil, a família Linaceae está representada por quatro gêneros e 19 espécies, com sete delas sendo endêmicas (Silva, 2021). O principal gênero de Linaceae é o *Linum*, que engloba 187 espécies, compreendendo quase dois terços do total das espécies da família, cuja planta da linhaça detém relevância econômica e importância social (Dressler; Repplinger; Bayer, 2014).

A taxonomia da linhaça, por sua vez, é definida em: Reino Plantae; Sub-reino Tracheobionta; Superdivisão Spermatophyta; Divisão Magnoliophyta; Classe Magnoliopsida, Subclasse Rosidae; Ordem Linales; Família Linaceae; Subfamília Linoidea; Gênero *Linum* L. e Espécie *Linum usitatissimum* L. (Mcdill *et al.*, 2009; Schoch *et al.*, 2020). Seu genoma possui uma extensão estimada de aproximadamente 370 Mpb e contém cerca de 43.471 genes (Wang *et al.*, 2012). As investigações iniciais acerca da estrutura do DNA (Ácido Desoxirribonucleico, em português) do linho datam de quase três décadas atrás, com o primeiro sequenciamento de cDNA (DNA complementar) sendo registrado no GenBank® em 1993.

Os cariótipos das diversas variedades analisadas exibem 30 cromossomos metacêntricos de pequeno porte (1-3 µm). No contexto do seu material genético, destaca-se que o plastoma do linho assume a forma de uma molécula circular de DNA com 156.721 bp (Muravenko *et al.*, 2003, Vromans, 2006; Yurkevich *et al.*, 2017).

Globalmente, os bancos de genes preservam aproximadamente 48.000 amostras de germoplasma provenientes de *L. usitatissimum* e, no Canadá, é mantida uma coleção mundial de aproximadamente 3.500 acessos de linho pela *Plant Gene Resources of Canada* (Huis; Hawkins; Neutelings, 2010; Wang *et al.*, 2017). Pesquisas moleculares indicam que *L. usitatissimum* L., *L. bienne* (Mill.) Stankev e *Linum angustifolium* Huds possivelmente descendem de um ancestral comum, sendo *L. angustifolium* a espécie mais antiga, de onde as outras duas derivaram (Kutuzova; Porokhovina; Pendinen, 2015).

Nativa do oriente médio, a linhaça é cultivada em todos os continentes, com exceção da Antártica. O Mediterrâneo e o Sudoeste da Ásia são considerados possíveis centros de origem para a espécie. Acredita-se que seu cultivo e domesticação se iniciaram há mais de 8.000 anos nas regiões a leste do Mar Mediterrâneo e no Crescente Fértil, expandindo-se em direção à Índia, Ásia, Europa e, finalmente, às Américas (Vaisey-Genser; Morris, 2003; Canada, 2019). No Brasil, a linhaça foi introduzida durante o período colonial (século XVI), principalmente no estado de São Paulo e, atualmente, seu cultivo se concentra nos estados da região Sul, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor (IBGE, 2022). No país, seu cultivo ocorre durante os períodos de outono e inverno e, no interesse de diversificar as atividades agrícolas e otimizar a utilização de áreas pouco exploradas durante a estação invernal, o plantio de linhaça vem sendo procurado no setor agrícola.

No Brasil, a região sul é adequada para o seu cultivo, mas a falta de conhecimentos básicos acerca da biologia e do desenvolvimento da planta nas condições deste território ainda limitam a produção (Brutch *et al.*, 2008; Bassegio *et al.*, 2012; Kim, 2016, Bosco *et al.*, 2020). A expansão de seu cultivo tem sofrido oscilações e ainda não se estabeleceu no Brasil como uma cultura competitiva no meio agrícola. Em 2010, por exemplo, a área plantada no Brasil chegou a 16.584 ha, enquanto que, em 2020, dez anos mais tarde, apenas 4.185 ha foram destinados ao cultivo da linhaça. Este cenário demonstra o quanto a cultura do linho carece de incentivo e

apoio tecnológico no país para assegurar sua produção (Floss, 1983; Lúcio *et al.*, 2021; IBGE, 2022).

Assim como a maioria das culturas alternativas, a linhaça possui informações limitadas sobre suas práticas de cultivo adequadas, gerando resistência por parte dos agricultores em adotarem seu plantio. Assim, torna-se relevante impulsionar pesquisas que busquem compreender os aspectos relacionados à produção, principalmente no que diz respeito à estabilidade genética dos genótipos e à melhoria da eficiência produtiva da cultura, a fim de fomentar o cultivo da linhaça em regiões que oportunizam seu desenvolvimento, como é o caso do Sul do Brasil (Pozzobon *et al.*, 2018; He *et al.*, 2019).

O potencial econômico da linhaça como alimento funcional moderno

Nos últimos anos, a população global tem buscado regimes alimentares mais saudáveis, o que inclui o interesse por alimentos naturais com conteúdo rico em nutrientes. Sem dúvidas, este é um dos principais impulsionadores do crescimento do mercado da linhaça. Devido ao seu excelente perfil nutricional e dos potenciais benefícios à saúde, a linhaça está gradualmente se destacando no mercado como um alimento funcional de relevância, o que movimenta o interesse mundial na produção da semente (Kajla; Sharma; Sood, 2014; Wu *et al.*, 2020).

Esta, por sua vez, tem uma composição lipídica e é reconhecida como fonte promissora de ácidos graxos essenciais para a nutrição humana e animal, sendo consumida, mais frequentemente, Triturada ao constituir farinhas. O óleo obtido a partir da moagem e compressão a frio das sementes pode ser encapsulado e consumido em cápsulas digeríveis. Seus compostos também são utilizados como aditivo nutricional em rações animais. Quando purificado, o óleo é processado de maneira a remover o valor alimentar e antioxidantes, e se torna matéria-prima para diversos produtos, como tintas, óleos secantes, vernizes, corantes, ceras, dentre outros (Singh *et al.*, 2011; Zuk *et al.*, 2015).

As sementes são compostas por 36% a 40% de óleo, contendo fibras dietéticas, proteínas e compostos fenólicos, os quais vêm sendo utilizados também em medicamentos, uma vez que possuem forte ação antioxidante e ajudam na prevenção e controle de diversas doenças, incluindo diabetes, hipertensão e câncer. O óleo extraído do grão é rico em ácido alfa-linolênico

(ALA), um ácido graxo ômega-3, em ácido linoleico (LA), uma variante ômega-6 essencial e lignanas biologicamente ativas, importantes não só no ramo alimentício, mas também nas indústrias química e farmacêutica (CABI, 2018; Johnson; Kerr, 2019; Bosco *et al.*, 2021).

O ácido alfa-linolênico representa o principal elemento funcional identificado na composição da linhaça. Esse componente desempenha um papel singular ao suprir a demanda por ácidos graxos ômega-3 em regimes alimentares de base vegetariana. Esses ácidos graxos, classificados como “essenciais”, são fundamentais uma vez que o organismo os requer, porém, não possui a capacidade intrínseca de sintetizá-los, tornando necessária sua inclusão na dieta. A linhaça exibe uma complexa combinação de ácidos graxos, sendo que os percentuais de ALA e LA correspondem a 57% e 16,0%, respectivamente, do total de ácidos graxos presentes (Diederichsen; Richards, 2003). Estes compostos importantes agregam valor aos produtos feitos a partir da linhaça, o que promove a viabilidade econômica do seu cultivo em várias partes do mundo (Zuk *et al.*, 2015).

Neste sentido, o potencial econômico da linhaça deve ser considerado pelo setor agrícola e de alimentos. O relatório global do mercado de sementes de linho enfatizou que o segmento da linhaça vem crescendo rapidamente, girando em torno de 14,81 bilhões de dólares em 2021, e com um alcance estimado de cerca de 25,02 bilhões de dólares até o ano de 2028, sendo impulsionado pela procura do alimento *in natura* para consumo humano, como aditivo em ração animais e como matéria-prima industrial (Global Flax Seeds Market, 2023).

De acordo com dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, em português), no ano de 2019, o maior produtor de grãos de linhaça foi o Cazaquistão, com produção de aproximadamente 1 milhão de toneladas, seguido pela Rússia e Canadá (FAOSTAT, 2020). Já na América do Sul, a Argentina foi o país de maior produção da semente com aproximadamente 9,9 mil toneladas, seguida pelo Brasil, com aproximadamente 3,7 mil toneladas produzidas em 2019. No ano de 2020, a produção global de linhaça atingiu aproximadamente 3,36 milhões de toneladas, provenientes de uma extensão de cultivo que abrangeu mais de 3,54 milhões de hectares (FAOSTAT, 2020; Lúcio *et al.*, 2021).

Cabe salientar que os produtos da cultura podem ser utilizados em diferentes ramos da indústria, sendo quase todas as partes da planta processadas e aproveitadas comercialmente. O floema das plantas de

linho possui paredes celulares ricas em celulose, fornecendo a fibra de alta resistência e durabilidade que servem à indústria de tecidos e de biocombustíveis, bem como, constituem uma alternativa ecológica para fibras sintéticas, como as de vidro. Embora promissor, o mercado do linho têxtil não tem lugar no Brasil, onde a produção se destina exclusivamente à exploração comercial da semente (CABI, 2018; IBGE, 2022).

A cadeia produtiva da linhaça promove a agricultura sustentável

A agricultura sustentável se constitui como um objetivo de alcançar um sistema produtivo de alimentos e fibras que não apenas eleve a produtividade dos recursos naturais e dos sistemas agrícolas, mas também capacite os produtores a enfrentar os níveis de demanda originados pelo crescimento populacional e pelo desenvolvimento econômico. Tal sistema busca ser responsável por gerar alimentos saudáveis e ricos em nutrientes, contribuindo para o bem-estar humano, além de garantir aporte econômico aos agricultores, dando-lhes a capacidade de investir no aprimoramento da produtividade do solo, da água e de outros recursos genéticos animais e vegetais, sem degradar o ambiente, sendo ambientalmente apropriado, economicamente viável e socialmente justo (NCR, 1989).

Tecnologias que visam o melhor uso e eficiência do solo, conservação do ambiente e sustentabilidade socioeconômica vêm sendo implantadas como novas formas de produção agrícola em todo o mundo (Silva *et al.*, 2021), momento em que autoridades internacionais têm movido esforços para proporcionar aos agricultores alternativas que melhorem os seus rendimentos, ao mesmo tempo em que combatem a degradação do ambiente (Stravopoulos, 2023). Tais iniciativas são estratégias governamentais e das nações unidas aplicadas para alcançar os propósitos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que visam alcançar a prosperidade coletiva para as pessoas e para o planeta.

Neste contexto, o cultivo de linhaça já tem sido empregado como alternativa para cultivos de inverno, tanto para produção de sementes, quanto para conservação do solo e água, feitas por meio da cobertura vegetal e rotação de culturas, consideradas práticas protetivas do ambiente. Seus benefícios ambientais incluem a tolerância à seca, uma demanda reduzida de produtos químicos durante seu ciclo de cultivo e um potencial relativamente baixo de impacto ambiental. Por isso também se configura

como uma cultura de relevância para mitigar o impacto ambiental dos sistemas de produção (Gallardo *et al.*, 2014; Cajamarca *et al.*, 2018; Marsaro-Júnior *et al.*, 2019; Stravopoulos *et al.*, 2023).

Com base em observações conduzidas em territórios abrangendo Rússia, Egito e Índia, diversos registros apontam para a presença de uma variedade de espécies que realizam forrageamento em lavouras de cultivo de linhaça, como abelhas, vespas, moscas, borboletas, percevejos e coleópteros (Sabir *et al.*, 1999; Navatha *et al.*, 2012). Ao reunir abelhas melíferas, a floração do linho tem potencial para constituir uma oportunidade de diversificação de renda para agricultores por meio da apicultura, na produção de mel e no fortalecimento das colmeias para a primavera, somando-se ao cultivo da canola no Estado (Marsaro-Júnior *et al.*, 2019). Portanto, além de contribuir com a manutenção dos serviços de polinização nos ecossistemas agrícolas, o cultivo da linhaça promove segurança alimentar e sustentabilidade econômica rural (Yamamoto; Oliveira; Gaglianone, 2014).

O cultivo da linhaça atende aos objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU

Fomentar o desenvolvimento da linhaça enquanto cultura agrícola promove uma agricultura sustentável, ao se tratar de uma planta que produz sementes que se constituem alimento de alto valor nutracêutico para o abastecimento e segurança alimentar e de produção com base em práticas protetivas ao ambiente. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável propõe diversas iniciativas para promover ações nas três dimensões do desenvolvimento sustentável – econômica, social e ambiental – até alcançar os ODS propostos.

Por meio da promoção da agricultura sustentável, a cultura da linhaça impulsiona a criação de um sistema agrícola que proporciona vantagens ao agroecossistema e desempenha um papel fundamental na produção alimentar (You *et al.*, 2017). Essa planta, reconhecida por gerar alimentos com alto valor nutracêutico e versatilidade de usos, contribui de maneira significativa para a consecução dos ODS Fome Zero e Agricultura Sustentável.

Além disso, a linhaça oferece produtos de alto valor agregado, como alimentos com propriedades nutricionais benéficas e ingredientes para diversos setores, incluindo alimentos e saúde. Isso contribui para o

crescimento da indústria e da economia em geral, ao mesmo tempo em que atende à demanda por produtos saudáveis e sustentáveis. Em última análise, o cultivo da linhaça se posiciona como um exemplo concreto de como a agricultura pode ser uma força motriz para o crescimento econômico sustentável, proporcionando fonte de renda às comunidades rurais, estimulando a inovação e contribuindo com as demandas sociais (He *et al.*, 2019), elementos essenciais para o atendimento dos ODS Trabalho Decente e Crescimento Econômico.

O melhoramento da cultura, por sua vez, visa alcançar padrões de produção de baixo impacto ambiental e de alta rentabilidade, impactando tanto a esfera ambiental, quanto a socioeconômica. O linho é uma planta rústica que possui um custo de produção baixo e seu cultivo geralmente requer menos insumos químicos em comparação com outras culturas, promovendo a redução do impacto ambiental (Parizoto *et al.*, 2013). Além disso, sua contribuição para a manutenção do solo produtivo possibilita a diversificação agrícola e fortalece a resiliência do sistema de produção. Ao estimular cadeias de produção ecologicamente adequadas na produção de insumos de importância social, o cultivo da linhaça reforça os princípios do ODS número 12, do Consumo e Produção Responsáveis.

Ainda, o cultivo da linhaça auxilia os sistemas agrícolas de produção a cumprirem com os princípios do ODS 15, da Vida Terrestre. Isso porque o crescimento do linho requer menos intensidade no uso de agroquímicos e recursos hídricos, em comparação com outras culturas, minimizando potenciais efeitos negativos sobre a biodiversidade e a qualidade do solo. Adicionalmente, a linhaça exibe uma rica relação com a promoção de solos saudáveis e férteis. Por meio de suas propriedades como cultura de cobertura e sua capacidade de melhorar a estrutura do solo, a linhaça potencializa a resiliência dos ecossistemas terrestres (You *et al.*, 2017). A conservação da biodiversidade, inclusive de insetos polinizadores, é igualmente favorecida pelo cultivo de linhaça, o que está em consonância com os esforços de proteção e revitalização das espécies nativas (Viana, Da-Silva; 2014). Esse cultivo de baixo impacto encontra ressonância com os esforços de conservação da biodiversidade terrestre, contribuindo para a preservação de habitats e a manutenção da saúde dos ecossistemas.

A biologia reprodutiva como abordagem científica relevante à promoção do cultivo da linhaça

A cultura da linhaça é resiliente e versátil, podendo ser aclimatada e cultivada para fortalecer os sistemas agrícolas e a segurança alimentar (Stravopoulos *et al.*, 2023). Desta forma, a pesquisa focada no melhoramento genético de cultivares adaptadas e validadas para as condições de solo e clima dos locais produtivos pode impulsionar o cultivo da linhaça no sul do Brasil (Bosco *et al.*, 2021). Nos últimos anos, métodos tradicionais de melhoramento vêm sendo empregados para introduzir alterações genéticas que melhoraram o desempenho agronômico da cultura (Xie *et al.*, 2018), principalmente no que diz respeito aos aspectos de produtividade da semente. O registro de novas cultivares, melhoradas geneticamente, busca entregar aos produtores rurais genótipos mais robustos, mais tolerantes às condições ambientais adversas e com menos demanda de produtos sintéticos, promovendo a sustentabilidade da cadeia produtiva (Pinto-Maglio; Pierozzi, 2015).

Atualmente, os teores de óleo e o baixo rendimento da cultura são os principais alvos dos programas de melhoramento vegetal (Johnson; Kerr, 2019). Os principais objetivos para o aumento da produção da cultura em todas as zonas produtivas incluem aumentar o rendimento das sementes, o incremento do teor de óleo nas sementes, a otimização da qualidade do óleo, o amadurecimento precoce e o estabelecimento de uma altura adequada para as plantas. No cultivo de linhaça, é possível aprimorar o rendimento de sementes através da otimização de seus elementos constituintes, englobando o aumento do número de sementes por cápsula, do número de cápsulas por planta e o incremento do peso de mil sementes (Stavopoulos *et al.*, 2023).

Para a produção das linhagens com características desejadas, o processo de cruzamento direcionado de indivíduos com fenótipos de interesse inicia controlando a fecundação dos óvulos das plantas por polinização manual, onde é depositado o pólen selecionado diretamente no estigma na flor feminina do genótipo alvo, evitando que grãos de pólen de fenótipos indesejáveis entrem em contato com o estigma (Amabile; Vilela; Peixoto, 2018). Durante o processo meiótico, podem ocorrer alterações em diferentes estágios da meiose, implicando em anomalias e irregularidades nos grãos de pólen que resultam em diferentes graus de fertilidade ou esterilidade da planta. Entre outros fatores, o cruzamento bem-sucedido

de genótipos depende de bons gametas haploides e balanceados, bem como, de divisões mitóticas corretas do micrósporo (Angelo, 2017; Impe *et al.*, 2020).

Associada a aspectos citológicos, a fertilidade dos grãos de pólen pode variar dentro de populações de plantas e ser um reflexo da ocorrência de irregularidades meióticas, o que reforça a relevância da avaliação desses aspectos em espécies cultivadas (Bespalhok; Guerra; Oliveira, 2007; Kumar; Rana; Singhal, 2016). A interação pólen-pistilo é pré-requisito para a polinização bem-sucedida, devendo ser investigada a fim de se identificar o período ideal para aplicação de procedimentos de polinização artificial. Conhecer o período de receptividade do estigma é fator decisivo para garantir a fertilização em cruzamentos manuais e aumentar a probabilidade de produção de sementes (Zeisler, 1938; Dafni, 1992; Zulkarnain; Eliyanti; Swari, 2019; Silva *et al.*, 2021). Assim, todo o procedimento é dependente do conhecimento da biologia reprodutiva da espécie, que, dentre uma gama de abordagens, inclui conhecimento sobre a dinâmica biológica do grão de pólen e o conjunto estigma-ovário-óvulo.

Considerações finais

A linhaça, uma cultura de notável relevância histórica para a humanidade, apresenta um potencial de significância econômica e nutracêutica, além de exibir uma marcante diversidade morfológica e ecológica. Devido aos seus múltiplos usos, a linhaça é hoje considerada uma cultura emergente e economicamente importante. Esses elementos colocam a cultura como um alvo de interesse aos países que almejam a produção de um produto sustentável que visa atender às demandas agrícolas, ambientais, econômicas e culturais inerentes à sociedade contemporânea do século XXI.

O cultivo da linhaça não apenas diversifica o cenário agrícola, mas também contribui para a salvaguarda dos ecossistemas. Além de suas vantagens conhecidas na cobertura e proteção do solo, baixo custo empregado, menor demanda de produtos químicos e alternativa econômica para comunidades rurais, o cultivo da Linhaça promove a manutenção e conservação das comunidades de polinizadores, fator crucial na promoção da diversidade biológica nos agroecossistemas.

Dedicar esforços ao melhoramento e expansão do cultivo da linhaça vem ao encontro dos princípios da Agenda 2030 e dos ODS. Essas pesquisas

visam à criação de variedades de linhaça mais resilientes, produtivas e adaptadas às realidades ambientais e sociais. Ao desenvolver cultivares com maior resistência a pragas, maior eficiência no uso de recursos hídricos e maior rendimento nutricional, as pesquisas de melhoramento da linhaça contribuem diretamente para a segurança alimentar, a sustentabilidade ambiental e a promoção da saúde humana, beneficiando comunidades rurais e o desenvolvimento sustentável.

Por fim, o cultivo da linhaça demonstra potencial para colaborar com estratégias agroambientais alinhadas às boas práticas agrícolas, além de oportunizar um desenvolvimento socioeconômico sustentável, particularmente importante para a região Sul do Brasil.

Referências

AMABILE, R. F.; VILELA, M. S.; PEIXOTO, J. R. **Melhoramento de plantas:** variabilidade genética, ferramentas e mercado. SBMP, 2018. 100p.

ANGELO, P. C. S. **Aspectos Citológicos da Microgametogênese no Cafeiro.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 23 p.

ANJUN, S. *et al.* Effects of photoperiod regimes and ultraviolet-C radiations on biosynthesis of industrially important lignans and neolignans in cell cultures of *Linum usitatissimum* L. (Flax). **Journal of Photochemistry and Photobiology: Biology**, v. 167, p. 216–227, 2017.

BARROSO, A. K. M. *et al.* Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 181-187, 2014.

BASSEGIO, D. *et al.* Irrigation management in the culture of linseed. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.1, n.3, p. 98-107, 2012.

BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Noções de Genética Quantitativa. In: BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas.** P. 36-38, 2007.

BOSCO, L. C. *et al.* Experiências com o cultivo de linhaça em Santa Catarina: aspectos edafoclimáticos e genéticos. In: VELHO, J. P.; LÚCIO, A. D. **Linhaça:** perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal. Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. P. 10-37.

BOSCO, L. C. *et al.* Relação das condições meteorológicas com

produtividade e fenologia da linhaça em agroecossistemas do Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24838–24868, 2020.

BRUTCH, N. B. *et al.* Influence of low temperatures and short photoperiod on the time of flowering in flax. **Saskatoon Saskatchewan**, Canada, p. 81-91, 2008.

CABI, Center for Agriculture and Biosciences International. ***Linum usitatissimum* data sheet**. 2018. Disponível em: <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/31053>. Acesso em: 10 mai. 2022.

CAJAMARCA, F. *et al.* Evaluation of various species of winter oleaginous plants for the production of biodiesel in the State of Paraná, Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 126, p. 113–118, 2018.

CANADA, Canadian Food Inspection Agency. **The Biology of *Linum usitatissimum* L. (Flax)**. 2019. Disponível em: <https://inspection.canada.ca/plant-varieties/plants-with-novel-traits/applicants-directive-94-08/biology-documents/linum-usitatissimum-l-flax-/eng/1330979709525/1330979779866>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CUPERSMID, L. *et al.* Linhaça: composição química e efeitos biológicos. **E-Scientia**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 33-40, 2012.

DAFNI, A. **Pollination ecology**: a practical approach. New York: Oxford University Press, 1992.

DIEDERICHSEN, A.; RICHARDS, K. Cultivated flax and the genus *Linum* L. Taxonomy and germplasm conservation. In: MUIR, A. D., WESTCOTT, N. D. (eds). **Flax: the genus Linum**. CRC, New York, p. 74–91, 2003.

DRESSLER, S.; REPPLINGER, M.; BAYER, C. Linaceae. In: **Flowering Plants**. Eudicots. The Families and Genera of Vascular Plants. Berlin, Heidelberg: V. 11, Springer Berlin Heidelberg, 2014, 237 p.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products**, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 21 abr. 2022.

FLOSS, E. L. **Linho**: cultivo e utilização. 3. ed. Passo Fundo: UPF; 1983. 39 p.

GALLARDO, M. A. *et al.* Effect of Cultivars and Planting Date on Yield, Oil Content, and Fatty Acid Profile of Flax Varieties (*Linum usitatissimum* L.). **International Journal of Agronomy**, v. 2014, p. 1–7,

2014.

GAUTAM, P. K.; MAURYA, A. K.; CHAUHAN, D. Morphological Traits, Agronomical Practices and Value of Linseed Crop. In: BANSAL, A. K. (org.). **Advances in Essential Oils and Natural Products**. Nova Deli: AkiNik, 2020, p. 83–95.

GLOBAL FLAX SEEDS MARKET. **Skyquest**, 2023. 157 p. Disponível em: <https://www.skyquestt.com/report/flax-seeds-market>. Acesso em: 12 mai 2023.

HE, L. *et al.* Genome-Wide Association Studies for Pasmo Resistance in Flax (*Linum usitatissimum L.*). **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2019.

HUIS, R.; HAWKINS, S.; NEUTELINGS, G. Selection of reference genes for quantitative gene expression normalization in flax (*Linum usitatissimum L.*). **BMC Plant Biology**, v. 19, 10:71, 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**, 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pesquisa/14/10193?tipo=cartograma&indicador=10317> Acesso em: 22 abr. 2022.

IMPE, D. *et al.* Assessment of Pollen Viability for Wheat. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n. 1588, 2020.

ISLEIB, J. **Exploring Alternative Field Crops**. Michigan State University Extension: East Lansing, MI, USA, 2012.

JACOBSZ, M.; VAN DER MERWE, W. J. Production guidelines for flax (*Linum usitatissimum L.*). **Department of Agriculture, Forestry and fisheries**. Directorate: Plant Production, 2012. 33 p.

JHALA, A.; HALL, L. Flax (*Linum usitatissimum L.*): Current Uses and Future Applications. **Australian Journal of basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 9, p. 4304–4312, 2010.

JOHNSON, B.; KERR, D. **Growing Flax**: Production, Management & Diagnostic Guide. Canada: Flax Council of Canada, 2019. 64 p.

KAJLA, P.; SHARMA, A.; SOOD, D. R. Flaxseed—a potential functional food source. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 4, p. 1857–1871, 2014.

KIM, H. J. Opportunities and challenges of alternative specialty crops: The global picture. **HortScience**, v. 51, p. 1316–1319, 2016.

- KUMAR, R.; RANA, P. K.; SINGHAL, V. K. Chromatin Stickiness and Abnormal Spindle Resulting in Meiotic Irregularities and Pollen Sterility in *Meconopsis aculeata* Royle from the Northwest Himalayas. **Cytologia**, v. 81, n. 1, p. 83–87, 2016.
- KUTUZOVA, S. N.; POROKHOVINOVA, E. A.; PENDINEN, G. I. Origin and evolution of *Linum usitatissimum* L. **Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding**, v. 176, n. 4, 2015.
- LÚCIO, A. *et al.* Histórico, Usos e Importância Econômica da Linhaça. In: VELHO, J. P.; LÚCIO, A. D. **Linhaça: Perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal**. Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2021. P. 1-9.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **SNPC - Cultivar Web**. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/SNPC_CW.html>. Acesso em: 3 jul. 2022.
- MARSARO-JÚNIOR, A. L. *et al.* **Manejo de insetos polinizadores adotado por produtores de canola do Rio Grande do Sul e do Paraná**. Circular técnica nº 43, Passo Fundo – RS: Embrapa, 2019. 21 p.
- MCDILL, J. *et al.* The Phylogeny of Linum and Linaceae Subfamily Linoideae, with Implications for Their Systematics, Biogeography, and Evolution of Heterostyly. **Systematic Botany**, v. 34, n. 2, p. 386–405, 2009.
- MURAVENKO, O. V.; LEMESH, V. A.; SAMATADZE, T. E.; *et al.* Genome comparisons of three closely related flax species and their hybrids with chromosomal and molecular markers. **Genetika**, v. 39, n. 4, p. 510–518, 2003.
- NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 21 jul. 2023.
- NAVATHA, L. *et al.* Species richness and foraging activity of insect visitors in linseed (*Linum usitatissimum* L.). **Current Biotica**, v. 5, n. 4, p. 465-471, 2012.
- NCR, National Research Council. **Alternative agriculture**. Washington, DC: National Academy Press, 1989.
- PARIZOTO, C. *et al.* Produção agroecológica de linhaça dourada (*Linum usitatissimum*) sob diferentes doses de cama de aves em diferentes espaçamentos entre linhas. **Cadernos de Agroecologia**, vol. 8, n. 2, 2013.

PEREIRA, A. M.; COIMBRA, S. Advances in plant reproduction: from gametes to seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 11, p. 2933–2936, 2019.

PINTO-MAGLIO, C. A. F.; PIEROZZI, N. I. Caracterização citogenética. In: VEIGA, R. F. A.; QUEIRÓZ, M. A. **Recursos fitogenéticos**. Viçosa: UFV, 2015. p. 204-213.

POZZOBON, M. T. *et al.* Análise da viabilidade polínica na avaliação e seleção de genótipos de *Capsicum spp.* para o melhoramento genético. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 341. Brasília: 2018. 18 p.

SABIR, A. M. *et al.* The Foraging Behaviour and Value of Pollination by Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Linseed. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 2, n. 3, p. 645–646, 1999.

SCHOCH, C. L. *et al.* NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford). **Taxonomy browser (Linum usitatissimum)**. 2020. Disponível em www.ncbi.nlm.nih.gov. Acesso em: 20 mai. 2022.

SILVA, J. P. S. **Revisão taxonômica de Linaceae para o Brasil**. Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Dissertação de mestrado. 2021. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/204337?show=full> Acesso em 10 mai. 2022.

SILVA, M. A. *et al.* Alelopatia de espécies da Caatinga. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021.

SINGH, K. K. *et al.* Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, n. 3, p. 210-222, 2011.

STRAVOPOULOS, P. *et al.* On the Path towards a “Greener” EU: A Mini Review on Flax (*Linum usitatissimum* L.) as a Case Study. **Plants**, v. 12, n. 5, p. 110, 2023.

VAISEY-GENSER, M; MORRIS, D. Introduction: History of the cultivation and uses of flaxseed. In: MUIR, A. D., WESTCOTT, N.D. (eds). **Flax: the genus Linum**. CRC, New York, 74–91. 2003.

VIANA, B.F.; DA SILVA, F.O. **Biologia e ecologia da polinização: cursos de campo**. Salvador: EDUFBA: Rede Baiana de Polinizadores, 2014. 132 p.

VROMANS, J. **Molecular genetic studies in flax (*Linum***

***usitatissimum* L.).** Den Haag, Netherlands: CIP-DTA Koninklijke Bibliotheek, 2006. 144 p.

WANG, H. *et al.* Comparison of phytochemical profiles and health benefits in fiber and oil flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.). **Food Chemistry**, v. 214, p. 227–233, 2017.

WANG, H. *et al.* The genome of flax (*Linum usitatissimum*) assembled de novo from short shotgun sequence reads. **Plant J.** v. 72, n. 3, p.461-473, 2012.

WU, Y. *et al.* Comparison of lignans and phenolic acids in different varieties of germinated flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 1, p. 196–204, 2020.

XIE, D. *et al.* Genome-Wide Association Study Identifying Candidate Genes Influencing Important Agronomic Traits of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Using SLAF-seq. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2018.

YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M.C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo.** Rio de Janeiro: Funbio, 2014. 404 p.

YOU, F. M. *et al.* Genetic Variability of 27 Traits in a Core Collection of Flax (*Linum usitatissimum* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.

YURKEVICH, O. *et al.* Integration of Physical, Genetic, and Cytogenetic Mapping Data for Cellulose Synthase (CesA) Genes in Flax (*Linum usitatissimum* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.

ZARE, S. *et al.* Water stress intensified the relation of seed color with lignan content and seed yield components in flax (*Linum usitatissimum* L.). **Scientific Reports**, v. 11, n. 23958, 2021.

ZEISLER, M. Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. **Beihefte Zum Botanische Zentralblatt**, v. 58, p. 108-318, 1938.

ZUK, M. *et al.* Linseed, the multipurpose plant. **Industrial Crops and Products**, v. 75, Part B, p. 165-177, 2015.

ZULKARNAIN, Z.; ELIYANTI, E.; SWARI, E. Pollen viability and stigma receptivity in *Swainsona formosa* (G.Don) J.Thompson (Fabaceae), an ornamental legume native to Australia. **Scientific Article**, v. 25, n. 2, 2019.

Capítulo 16

ALELOPATIA COMO FERRAMENTA: O POTENCIAL DOS EXTRATOS DE *ACHYROCLINE SATUREOIDES* (LAM.) DC. NO CONTROLE DE ESPÉCIES INVASORAS¹

LIZIANE KRAEMER RAFFAELLI²; JULIANA MARIA FACHINETTO³

¹Pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Mestra em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: lizy_kraemer@hotmail.com

³Dra. Professora do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: julianafachinetto@yahoo.com.br

Introdução

A agricultura é um pilar fundamental para a segurança alimentar global e o desenvolvimento socioeconômico, enfrentando o desafio contínuo de suprir a demanda crescente por alimentos para uma população mundial em expansão (Conab, 2022; FAO, 2022). Nesse cenário, a produtividade agrícola está intrinsecamente ligada à eficácia das práticas de manejo e ao enfrentamento de diversos fatores bióticos e abióticos que podem comprometer as colheitas (Indira *et al.*, 2023). Dentre os principais desafios, as plantas invasoras emergem como um dos mais significativos, impactando diretamente a produção e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (González-Andújar, 2023). Estas espécies, ao crescerem em locais não desejados e de forma espontânea, como em solos agrícolas e outras áreas de interesse do homem, competem pelos recursos do ambiente ou atuam como hospedeiras de pragas e doenças, afetando negativamente a quantidade e a qualidade da produção agrícola (Paula *et al.*, 2011).

O controle dessas plantas é uma prática de grande importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer produção (Mauli *et al.*, 2009). Tradicionalmente, o uso de herbicidas sintéticos tem sido o método mais comum na agricultura mundial para o manejo dessas espécies. No

entanto, o constante uso desses produtos, embora eficaz no curto prazo, não é considerado uma prática sustentável e acarreta sérios impactos. Economicamente, a interferência de plantas invasoras pode gerar perdas substanciais de produtividade e aumento dos custos de produção, tornando a agricultura menos rentável (Adelino *et al.*, 2021).

Os impactos negativos se estendem para o meio ambiente e a saúde humana. A aplicação indiscriminada de herbicidas sintéticos, além de reduzir a biodiversidade, contamina lençóis freáticos, o solo e o ar (Goulart *et al.*, 2018). Há relatos de efeitos cumulativos desses produtos em organismos aquáticos, como demonstrado pelo impacto de herbicidas à base de glifosato sobre insetos aquáticos (Malacarne, 2019). Embora a toxicidade aguda em mamíferos possa ser considerada baixa em alguns casos, são documentados efeitos sobre a reprodução animal e outros riscos à saúde da população humana (Barreto, 2009).

Adicionalmente, uma das consequências mais preocupantes da aplicação indiscriminada e repetitiva desses produtos é o desenvolvimento de resistência em muitas espécies de plantas invasoras (Silva; Silva, 2007). A resistência a herbicidas é definida como a capacidade natural e herdável de determinados espécimes, dentro de uma população, sobreviver e se reproduzir após a exposição a doses que seriam letais para indivíduos normais da mesma espécie (Christoffoleti; Lopez-Ovejero, 2003). Esse fenômeno reduz a eficácia dos herbicidas disponíveis e impõe a busca por novas soluções, elevando ainda mais os custos de manejo.

Atualmente, espécies que apresentam resistência ou tolerância ao glifosato, o herbicida mais utilizado globalmente, ou que desenvolveram resistência múltipla a diferentes classes de herbicidas, exigem um posicionamento técnico muito específico para um manejo bem-sucedido e para evitar a competição com as culturas (Baccin, 2020). A utilização mundial do glifosato tem resultado na seleção de biótipos resistentes em vários países, inclusive no Brasil, onde existem relatos de resistência em diversas espécies como *Conyza* spp. L. (Vargas *et al.*, 2016), *Lolium multiflorum* L. (Roman *et al.*, 2004), e *Schizachyrium microstachyum* (Desv. ex Ham.) Roseng., B.R. Arrill. & Izag., entre outras.

O crescente desafio no controle de plantas invasoras, somado às preocupações com os impactos ambientais e de saúde humana decorrentes do uso intensivo de herbicidas sintéticos, tem impulsionado a busca por alternativas mais sustentáveis na agricultura. Uma dessas alternativas

promissoras é o estudo das interações bioquímicas entre plantas, um fenômeno conhecido como alelopatia (Rosa et al., 2007).

O termo “alelopatia” foi originalmente cunhado por Hans Molisch em 1937, conforme citado por Rice (1984), que descreve a alelopatia como qualquer efeito direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de microrganismos sobre outra planta, por meio da produção e liberação de compostos químicos no ambiente. Esses compostos, conhecidos como aleloquímicos, são predominantemente metabólitos secundários vegetais, como fenóis, flavonoides, terpenos, alcaloides e ácidos orgânicos (López, 2011).

A liberação desses aleloquímicos no ambiente pode ocorrer por diversas vias, incluindo exsudação radicular, volatilização, lixiviação das partes aéreas pela chuva ou decomposição de resíduos vegetais no solo. Uma vez no ambiente, esses compostos podem afetar as plantas receptoras através de múltiplos mecanismos de ação. Eles podem inibir a germinação de sementes, comprometer o crescimento radicular e caulinar, interferir na fotossíntese e respiração, alterar a permeabilidade da membrana celular, e reduzir a absorção de nutrientes e água (Pires; Oliveira, 2011).

A capacidade de certas substâncias alelopáticas de atuar como inibidores naturais oferece um vasto potencial para o desenvolvimento de bioherbicidas e outras estratégias de manejo de plantas invasoras que sejam ecologicamente mais sustentáveis. A principal vantagem dos extratos vegetais com atividade alelopática, em comparação com os produtos sintéticos, reside em sua menor toxicidade, rápida degradação no ambiente, amplo modo de ação e, sobretudo, em serem derivados de recursos naturais renováveis (Santos et al., 2013). Essa abordagem alinha-se perfeitamente com a necessidade global de práticas agrícolas mais sustentáveis e de redução da dependência de agroquímicos sintéticos.

Nesse contexto de busca por alternativas sustentáveis e naturais, a flora nativa brasileira se destaca como uma fonte inesgotável de metabólitos secundários com potencial biológico diversificado. Entre as espécies que têm demonstrado grande relevância científica, *Achyrocline satureoides* (Lam.) DC., popularmente conhecida como macela ou marcela, é um exemplo notável. Esta planta é amplamente distribuída e utilizada no sul do Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai, sendo nativa da região sudeste subtropical e temperada da América do Sul (Retta et al., 2012).

Tradicionalmente, a macela é empregada na medicina popular para diversas finalidades, como anti-inflamatório, digestivo e calmante

(Senar, 2017). A rica história de uso etnobotânico reflete uma complexa composição fitoquímica, que tem sido alvo de diversos estudos científicos. Pesquisas experimentais com *A. satureioides* têm confirmado uma vasta gama de atividades biológicas, incluindo propriedades antimicrobianas (Maciel *et al.*, 2017), antiviral (Siqueira *et al.*, 2021), antiedematogênica e anti-inflamatória (Machado *et al.*, 2020), além de atividades antioxidantes, antidiabéticas e antiobesidade (Fernández-Fernández *et al.*, 2021).

Além dessas aplicações, o potencial alelopático da *A. satureioides* tem sido consistentemente demonstrado. Extratos aquosos e etanólicos da planta exibem propriedades inibitórias significativas sobre a germinação e o crescimento de espécies cultivadas, como tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Silva *et al.* 2017) e alface (*Lactuca sativa* L.) (Aquila *et al.*, 1999; Souza *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2014), bem como sobre plantas invasoras, como *Eragrostis plana* Nees (Freitas *et al.*, 2018) e *Bidens pilosa* L., com relatos de inibição de até 100% da germinação desta última em certas concentrações (Shubeita, 2020). Em nível celular, extratos aquosos de *A. satureioides* foram analisados por Fachinetto *et al.* (2007) e estes inibiram significativamente a divisão celular em testes com *Allium cepa* L., indicando capacidade antiproliferativa sem genotoxicidade.

A base para essas diversas atividades reside na complexa composição química dos extratos de *A. satureioides*. Análises fitoquímicas revelam um alto conteúdo de compostos fenólicos totais e flavonoides (Alves *et al.*, 2021). Esses compostos fenólicos, considerados importantes metabólitos secundários, desempenham um papel crucial na adaptação das plantas aos seus ambientes, facilitando interações com diferentes ecossistemas. No contexto da alelopatia, eles são frequentemente os principais agentes responsáveis pela inibição do crescimento de outras plantas, justificando o efeito alelopático observado (Silva, 2013). A diversidade desses compostos e seus mecanismos de ação oferecem um campo promissor para a descoberta de novas substâncias bioativas.

Relevância para a agricultura sustentável e os objetivos de desenvolvimento sustentável

O contexto da agricultura moderna é complexo, com a produção de culturas de grande relevância econômica enfrentando pressões crescentes. A soja, por exemplo, destaca-se como uma das principais commodities de exportação do Brasil e ganha importância globalmente devido à sua

diversidade de usos e à demanda crescente por alimentos (CONAB, 2022; FAO, 2022). Contudo, essa produção é severamente comprometida pela presença de plantas invasoras, que competem por recursos e exploram os mesmos nichos ecológicos das culturas (Konzen *et al.*, 2021; Morokhovets *et al.*, 2023).

O manejo tradicional dessas plantas, fortemente baseado em herbicidas sintéticos, apresenta problemas significativos, incluindo a contaminação ambiental, riscos de intoxicação à saúde humana e animal, o surgimento de biótipos resistentes e a necessidade de mão de obra especializada (Goulart *et al.*, 2018; Salomão *et al.*, 2020; Christoffoleti; Lopez-Ovejero, 2003). Tais desafios sublinham a necessidade premente de adotar práticas de manejo complementares que reduzam a interferência das plantas invasoras e minimizem a dependência de herbicidas sintéticos (Adegas *et al.*, 2017; Gazziero *et al.*, 2009). Entre essas práticas, o controle biológico, particularmente o uso de extratos vegetais com capacidade alelopática, como já observado em *Achyrocline satureioides*, surge como uma alternativa promissora e ecologicamente viável (Fachinetto *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2014).

A urgência em promover a sustentabilidade na agricultura ganhou destaque global com a criação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, um plano de ação global adotado pela Organização das Nações Unidas. Esta agenda estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) que visam abordar os desafios globais, incluindo aqueles relacionados à segurança alimentar, saúde e proteção ambiental.

A presente temática se alinha diretamente com múltiplos ODSs (ONU, 2015):

- ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável, especificamente o item 2.4, que preconiza a garantia de sistemas sustentáveis de produção de alimentos e a implementação de práticas agrícolas resilientes. Ao investigar alternativas naturais para o controle de plantas invasoras, a temática contribui para a melhoria da produtividade agrícola de forma sustentável e resiliente, reduzindo a dependência de insumos químicos.
- ODS 3: Saúde e Bem-Estar, em seu item 3.9, que busca reduzir substancialmente o número de mortes e doenças causadas por produtos químicos perigosos e a poluição do ar, água e solo. A descoberta de substâncias bioativas com potencial herbicida natural minimiza os riscos associados aos agrotóxicos sintéticos,

promovendo um ambiente mais saudável para seres humanos e ecossistemas.

- ODS 6: Água Potável e Saneamento, com o item 6.3, que enfatiza a necessidade de melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição e minimizando a liberação de produtos químicos. A redução do uso de herbicidas sintéticos contribui diretamente para a proteção dos recursos hídricos contra a contaminação por agroquímicos.
- ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis, por meio do item 12.4, que prevê o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e resíduos ao longo de todo o seu ciclo de vida. A exploração de fontes naturais e renováveis para o controle de plantas invasoras representa um passo significativo em direção a modelos de produção mais responsáveis e sustentáveis.

Considerações finais

Dessa forma, este capítulo não apenas explora a promessa de substâncias bioativas com potencial herbicida natural para o controle de espécies invasoras, mas também destaca a urgência em reduzir o uso de herbicidas sintéticos que causam grandes danos à saúde e ao meio ambiente. Os resultados de diversas pesquisas comprovam as propriedades alelopáticas de *A. satureioides*, reforçam a importância de estudos aprofundados sobre os constituintes responsáveis pelo efeito alelopático. Ao fazê-lo, a discussão apresentada aqui contribui para a construção de um modelo de produção agrícola mais sustentável, seguro e alinhado com os objetivos globais de desenvolvimento.

Referências

ADEGAS, Fernando Storniolo *et al.* Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. **Circular Técnica 132**, Embrapa. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162704/1/CT132-OL.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.

ADELINO, J. R. P. *et al.* The economic costs of biological invasions in Brazil. **NeoBiota**, v. 67, p. 349–374, 2021. Disponível em: <https://neobiota.pensoft.net/article/59185>. Acesso em: 05 de out. de 2025.

- ALVES, Amanda Beatriz *et al.* Perfil fitoquímico e microbiológico do extrato das folhas de *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. (Macela). **Research, Society and Development**, v.10, n.4, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14428>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- AQÜILA, Maria E. A. *et al.* Preliminary observation on allelopathic activity in *Achyrocline satureioides* DC. **Acta Horticulturae**, v. 502, p. 383-388, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.502.63>. Acesso em: 01 set. 2022.
- BACCIN, Luisa Carolina. **Identificação, caracterização foliar e fisiologia de *Conyza* spp. resistentes a herbicidas.** 2020. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-13032020-174859/publico/Luisa_Carolina_Baccin_versao_revisada.pdf. Acesso em: 06 abr. 2021.
- BARRETO, Robert Weingart. Controle Biológico de Plantas Daninhas com Fitopatógenos. In: BETTIOL, Wagner; MORANDI, Marcelo A. B. (Org.). **Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectiva.** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p 101-128. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17182/1/livro_biocontrole.pdf. Acesso em: 06 abr. 2021.
- CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob; LOPEZ-OVEJERO, Ramiro Fernando. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 507-515, dez. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pd/v21n3/a20v21n3.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2021.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos, safra 2021/2022** – 12º levantamento, Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 25 out. 2022.
- FACHINETTO, Juliana M. *et al.* Efeito antiproliferativo das infusões de *Achyrocline satureioides* DC (Asteraceae) sobre o ciclo celular de *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, p.49-54, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000100011>. Acesso em: 14 out. 2021.
- FAO (Food and Agriculture Organization). **FAOSTAT**: agricultural statistics database. 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>. Acesso em: 03 nov. 2022.
- FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, Adriana *et al.* Antioxidant, antidiabetic,

and antiobesity properties, TC7-cell cytotoxicity and uptake of *Achyrocline satureioides* conventional and high pressure-assisted extracts. **Foods**, v. 10, p. 893-912, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10040893>. Acesso em: 27 set. 2022.

FREITAS, Jéssica M. B. *et al.* Extratos de *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. sobre a germinação “in vitro” de *Eragrostis plana* Nees. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 39, n. 3, p. 211-220, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v39i3.38159>. Acesso em: 01 set. 2022.

GAZZIERO, Dionísio *et al.* Plantas daninhas resistentes aos herbicidas. In: Simpósio sobre plantio direto na palha – Brasil e Paraguai, 2009, Foz do Iguaçu – PR. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu, 2009. Disponível em: <https://www.alice.embrapa.br/bitstream/doc/854260/1/SP15799.pdf>. Acesso em: 06 set. 2022.

GONZÁLEZ-ANDÚJAR, José Luis. Integrated Weed Management: A Shift towards More Sustainable and Holistic Practices. **Agronomy**, v. 13, n. 4, p. 994, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/4/994>. Acesso em: 06 out. 2025.

GOULART, Lays Da Rosa *et al.* Avaliação do desenvolvimento de alface crespa, sob diferentes coberturas de solo para supressão de plantas invasoras. In: Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do sul Catarinense, 7., 2018, Araranguá. **Anais** [...]. Araranguá: IFC, 2018. Disponível em: <https://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sictssl/7-sict-sul/paper/viewPaper/2518>. Acesso em: 09 fev. 2022.

INDIRA, P. *et al.* Fabrication and investigation of agricultural monitoring system with IoT & AI. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1184, n. 1, p. 012015, 2023. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1184/1/012015/meta>. Acesso em: 06 out. 2025.

KONZEN, Alessandro; GALON, Leandro; WEIRICH, S. N. Competitive interaction between soybean cultivars and *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, v. 39, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/Qp3sMvWjYQZq5Yw7V8w9hvc/?lang=en>. Acesso em: 06 out. 2025.

LOPÉZ, M. L. Aleloquímicos terpenoides en las interacciones entre plantas. In: ZYGADLO, Julio Alberto. **Aceites esenciales: Química, ecología, comercio, producción y salud**. San Juan. Universitas, 2011. p. 89-105. Disponível em: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/158955>.

Acesso em: 5 out. 2025.

MACHADO, Vanessa S. *et al.* Topical hydrogel containing *Achyrocline satureioides* oily extract (free and nanocapsule) has anti-inflammatory effects and thereby minimizes irritant contact dermatitis. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191066>. Acesso em: 26 mar. 2022.

MACIEL, Mônica *et al.* Indicadores fitoquímicos e atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico bruto de *Achyrocline satureioides* (“macela”) frente *Salmonella* spp. resistentes a antibióticos isoladas em produtos de origem animal (suínos e aves). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 11, n. 3, p. 237-287, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.5935/1981-2965.20170028>. Acesso em: 27 set. 2022.

MALACARNE, Tássia Juliane. **O efeito de herbicidas à base de glifosato sobre a sobrevivência de insetos aquáticos**. 2019. 92 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/9c0f/c0f9618067a929f827c81b44709ab9144e79.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2022.

MAULI, Márcia Maria *et al.* Alelopatia de *Leucaena* sobre soja e plantas invasoras. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 55-62, jan./mar. 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744091007.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2021.

MOROKHOVETS, Vadim *et al.* Phase sensitivity of perennial dicotyledonous weed species to Flex herbicide. **Agronomy**, v. 13, n. 4, p. 1159, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/4/1159>. Acesso em: 06 out. 2025.

OLIVEIRA, Maria G. F. *et al.* Potencial alelopático de extratos aquosos de folhas de *Mimosa tenuiflora* e semente de *Achyrocline satureioides* sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 10, n. 3, p. 26-33, 2014. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/469/pdf>. Acesso em: 01 set. 2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nossa Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível

em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

PAULA, J. M. *et al.* Manejo de *Conyza bonariensis* Resistente ao Herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pd/v29n1/a24v29n1.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2021.

PIRES, Nádja de Moura; OLIVEIRA, Valter Rodrigues. Alelopatia. In: OLIVEIRA, Rubem Silvério; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko (Eds.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 95 – 124.

RICE, Elroy L. **Allelopathy**. 2. ed. New York, EUA: Academic Press, 1984. 422 p.

RETTA, Daiana *et al.* Marcela, a promising medicinal and aromatic plant from Latin America: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 38, p. 27– 38, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669012000398>. Acesso em: 07 abr. 2021.

ROMAN, E. S. *et al.* Resistência de Azevém (*Lolium multiflorum*) ao Herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.2, p.301-306, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pd/v22n2/21233.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2021.

ROSA, Danielle Medina *et al.* Efeito dos Extratos de Tabaco, Leucena e Sabugueiro sobre a Germinação de *Panicum maximum* Jaqc. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 444-446, jul. 2007. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/390/359>. Acesso em: 07 abr. 2021.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; FERRO, Antônio Max Souza; RUAS, Wilson Ferreira. Herbicidas no Brasil: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n.2, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i2.1990>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SANTOS, Paula Leite *et al.* Utilização de Extratos Vegetais em Proteção de Plantas.

Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17, p. 2562 – 2576, 2013. Disponível em:

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/utilizacao%20de%20Extratos.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2021.

SHUBEITA, Agatha do Canto. **Alelopatia de compostos fenólicos**

de *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. na germinação de espécie invasora. 2020. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2020.

SILVA, Antonio Alberto; SILVA, José Francisco da. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas.** Viçosa: Editora UFV, 2007.

SILVA, Cibele Maria Alves da. **Metabólitos secundários de plantas do semi-árido de Pernambuco:** uma inovação no controle de fitopatógenos. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA, João Rafael Goulart da *et al.* Atividade Alelopática de Extratos Aquosos de Marcela (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.) sobre Espécies Cultivadas. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – SIEPE, 9., 2017, Santana do Livramento. **Anais** [...]. Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2017. Disponível em: https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/12122/seer_12122.pdf. Acesso em: 07 abr. 2021.

SIQUEIRA, Ionara; SIMÓES, Cláudia; BASSANI, Valquíria. *Achyrocline satureioides* (Lam.) D.C. as a potential approach for management of viral respiratory infections. **Phytotherapy Research**, v. 35, p. 3-5, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ptr.6807>. Acesso em: 27 set. 2022.

SENR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Plantas medicinais aromáticas e condimentares:** produção e beneficiamento. Brasília: SENAR, 2017. 124p. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/213-PLANTAS-MEDICINAIS.pdf>. Acesso em: 19 set. 2021.

SOUZA, Sérgio Alessandro Machado *et al.* Efeito de Extratos Aquosos de Plantas Medicinais Nativas do Rio Grande do Sul sobre a Germinação de Sementes de Alface. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 29-38, set./dez. 2005. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/biologica/article/view/418/421>. Acesso em: 07 abr. 2021.

VARGAS, Leandro *et al.* Resistência de plantas daninhas a herbicidas no brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHEDE, Dana K.; GAZZIERO, Dionísio. **A era glyphosate:** agricultura, meio ambiente e homem. Londrina: Midiograf, 2016. p. 219-239.

Capítulo 17

AS ÁREAS ÚMIDAS DO PAMPA: SUA IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA E DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO¹

RAFAEL SCHNEIDER COSTA²; CAROLINE IZIQUIEL MARTINS³; JULIANA MARIA FACHINETTO⁴

¹Pesquisa realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS.

²Biólogo, Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: rafael.costa@sou.unijui.edu.br

³Licenciada em Ciências Biológicas, Mestranda em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS), UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: caroline.iziquiel@sou.unijui.edu.br

⁴Dra., Professora do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: julianafachinetto@yahoo.com.br

Introdução

Localizado no extremo sul do Brasil e estendendo-se também por países vizinhos como Uruguai e Argentina, o Pampa, termo de origem indígena que designa uma região plana, é o segundo menor bioma brasileiro e o único restrito a uma única unidade federativa, cobrindo cerca de 68,8% da área do Rio Grande do Sul em sua extensão original (IBGE, 2019; Rolim et al., 2025). As diferentes fitofisionomias que compõem a região abrigam uma expressiva diversidade de espécies animais, vegetais e fúngicas, representando aproximadamente 9% da biodiversidade brasileira, com mais de 12 mil espécies distribuídas entre diferentes grupos taxonômicos (Andrade et al., 2023). Essa riqueza biológica é reflexo da heterogeneidade ambiental, cuja configuração resulta da interação de múltiplos fatores, como o clima, as características do solo e o regime de manejo ao qual a vegetação está submetida (Boldrini et al., 2010).

Dentre os diversos ambientes que integram esse bioma, destacam-se as áreas úmidas, ou *wetlands*, que figuram entre as formações de maior

diversidade biológica e produtividade ecológica. Em escala global, estima-se que tais ecossistemas, embora ocupem menos de 1% da superfície terrestre, concentrem cerca de 10% de toda a biodiversidade do planeta (Batzer, Sharitz, 2014; Dijkstra et al., 2014). Em seu estado natural, as áreas úmidas desempenham funções essenciais, como o armazenamento e purificação da água, a proteção contra enchentes, a recarga de aquíferos, além de contribuírem para a produção agrícola, a geração de energia e atividades de recreação (Maltchik et al., 2024).

Entretanto, apesar de sua relevância ecológica e dos múltiplos serviços ecossistêmicos que fornecem, as áreas úmidas dos Campos Sulinos encontram-se fortemente ameaçadas. Estimativas indicam que mais de 90% dessas áreas foram degradadas ou convertidas em decorrência de atividades humanas, especialmente pela expansão de lavouras de arroz, áreas urbanas e plantações florestais comerciais (Maltchik et al., 2003). A perda e fragmentação desses ambientes têm causado sérios impactos sobre a biodiversidade e o equilíbrio dos processos ecológicos locais, agravando a vulnerabilidade do bioma frente às mudanças climáticas (Nomdedeu et al., 2024). Diante desse cenário, o presente capítulo apresenta uma síntese das características ecológicas e funcionais das áreas úmidas do Pampa, com base em revisões bibliográficas e informações geográficas recentes, discutindo ainda os serviços ecossistêmicos e os desafios para sua conservação em um contexto de uso intensivo da terra.

As áreas úmidas e os serviços ecossistêmicos

As áreas úmidas ou *wetlands*, popularmente conhecidas por “banhados” na cultura gaúcha, são ecossistemas que dependem de inundações rasas, constantes e periódicas, ou ainda da saturação do solo na superfície ou próximo a ela. Essa condição hidrológica singular promove processos biológicos e geoquímicos distintos daqueles observados em ambientes estritamente terrestres ou aquáticos (Keddy, 2010; Mitsch; Gosselink, 2015). Esses ecossistemas compõem parte da fitofisionomia do bioma Pampa e são reconhecidos mundialmente por sua relevância ecológica, econômica e cultural, desempenhando funções essenciais (Nomedeu et al., 2024). Em uma escala regional, as *wetlands* atuam na regulação e purificação dos recursos hídricos, desempenham papéis essenciais nos ciclos biogeoquímicos, além fornecer abrigo para grande parte da biodiversidade mundial (Adeli et al., 2020).

Proposto por Maltchik et al. (2004) e posteriormente por Junk et al. (2014), a classificação hierárquica das áreas úmidas do Rio Grande do Sul segue critérios vegetacionais (emergente, herbácea, leito aquático) combinado com regime hidrológico (água permanente ou intermitente) e características hidrogeomorfológicas (tipo de subsistema, subsistema lacustre, planície de inundação) permitindo assim distinguir classes ecológicas com significado prático para inventário, conservação e manejo. No Pampa a grande maioria das áreas úmidas pertence ao sistema palustrino natural, são maiores, mais profundas, não isoladas, com forte redução de água superficial no verão e, quando intermitentes, com apenas uma seca por ano (Figura 1) (Maltchik et al., 2024). Assim, nas áreas úmidas pampeanas existe uma diversidade dos vários tipos de vegetação, demonstrando que não basta apenas reconhecer os banhados no sentido genérico, uma vez que existem variações estruturais importantes entre elas.

Figura 1. Áreas úmidas no Pampa gaúcho



Fonte: Rafael Costa.

Essa diversidade estrutural e funcional das áreas úmidas é diretamente responsável pela variedade de serviços ecossistêmicos que elas fornecem, os quais têm sido amplamente reconhecidos em escala global por seu valor ecológico e econômico (Mitsch, Gosselink, 2015). Com a publicação da Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA) pelas Nações Unidas, a popularização do conceito de serviços ecossistêmicos, contribuiu positivamente para a reformulação da relação entre os humanos e a natureza (Costanza et al. 2014). De maneira a melhor compreender que a natureza proporciona um número muito grande de produtos e processos que podem ser vistos como necessários para a manutenção da vida e, portanto, passíveis de valoração e compensação (Tornquist, Bayer, 2009)

Entretanto, esse tema é alvo de questionamentos, visto por alguns autores como uma abordagem de “mercantilização”. McCauley (2006) em seu texto, chama atenção para que tenhamos cuidado quando empregamos os serviços ecossistêmicos para ajudar a pagar as contas da conservação, pois devemos deixar bem claro que nossa missão geral é proteger a natureza, não torná-la lucrativa. Já para Kallis et al. (2013), a valorização monetária da natureza é indesejável na maioria das situações, mas não necessária em todas. Assim como, a avaliação monetária é boa se fizer parte de processos sociopolíticos que trazem mais igualdade e melhoram o meio ambiente

Em sua publicação Costanza et al. (2014) estimaram os valores econômicos dos serviços prestados pelos ecossistemas mundiais e indicaram que estuários e planícies de inundação/pântanos de água doce estão entre os tipos de ecossistema mais valiosos do planeta, com valor médio global de US\$ 14.785 por hectare por ano, superando inclusive o valor atribuído às florestas, estimado em US\$ 232 por hectare por ano. Essa abordagem representa uma avaliação econômica que serve para tornar explícita a importância dos ecossistemas nas decisões políticas e sociais, não para transformá-los em mercadorias. De maneira, que esses valores advém principalmente de seus papéis na ciclagem de nutrientes, no abastecimento de água, na regulação de distúrbios (inundações) e no tratamento de águas residuais. Além da recreação, a produção de alimentos e os valores culturais (estéticos, artísticos, educacionais, espirituais ou científicos) que também são muito importantes (Batzer, Sharitz, 2014).

A biodiversidade das áreas úmidas

As áreas úmidas são locais importantes para a conservação biológica, pois abrigam uma rica biodiversidade e apresentam alta produtividade (Lacerda, 2009). No bioma Pampa, os estudos que abordam a biodiversidade e as dinâmicas ecológicas dos *wetlands* são relativamente recentes. Isso se deve ao fato de que a maioria das pesquisas anteriores sobre diversidade de espécies se restringe a inventários de táxons específicos. (Maltchik et al., 2009, 2010). De acordo com Dodds, Whiles (2020), a duração da fase alagada, ou hidropério, constitui o principal fator determinante da biodiversidade das áreas úmidas. Nos campos quentes do Pampa, por exemplo, estudos indicam que a biodiversidade de anuros é estruturada de forma distinta em *wetlands* temporários e permanentes, provavelmente devido ao papel dos padrões de movimento dos adultos (Maltchik et al., 2024).

Para a comunidade vegetal dessas áreas úmidas, a variação sazonal na precipitação leva à extinção local e/ou dormência de espécies submersas e flutuantes em períodos mais secos do ano. Enquanto que áreas com maior alternância de precipitação, contam com espécies anfíbias, que são mais tolerantes a períodos secos mais longos (Rolon et al., 2008). Estudos recentes também demonstram que as famílias Cyperaceae e Poaceae são aquelas com o maior número de espécies nas áreas úmidas do sul do Brasil, resultado semelhante ao observado em outras regiões (Keddy, 2000). A elevada ocorrência dessas famílias pode ser atribuída ao seu sucesso na dispersão de propágulos sexuais e à ampla distribuição de espécies com características morfológicas que favorecem a propagação vegetativa, como rizomas, tubérculos e estolões (Oliveira et al., 2019).

A Família Eriocaulaceae, especificamente os gêneros *Eriocaulon* L. e *Syngonanthus* Ruhland tem suas ocorrências registradas nas áreas úmidas do Pampa, preferencialmente nos campos arenosos úmidos, em beira de lagoas e pequenas depressões onde se acumula água durante a época de verão e mais raramente nos banhados rasos (Oliveira, Bove, 2013; Echternacht, 2020). Porém, espécies como *Eriocaulon leptophyllum* Kunth, única do gênero *Eriocaulon* L. descrita para o Rio Grande do Sul, segundo a Lista Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), teve sua classificação proposta para ‘Criticamente em Perigo (CR)’ devido à ameaça sobre sua área de ocorrência (Oliveira, Bove, 2013).

Outro grupo de organismos que podem ser encontrados nas áreas úmidas do Pampa são os emblemáticos peixes-anuais da família Rivulidae, dos gêneros *Austrolebias* W. JEM Costa, 1998 e *Cynopoecilus* Regan, 1912 endêmicas desse bioma. Esses peixes possuem um ciclo de vida singular, vivendo em poças de água que secam em determinado período do ano, de maneira que a água da chuva empoçada faz eclodirem os ovos que estavam estocados na terra, dando inicio a um novo ciclo de vida (Malabarba, 2025). Entretanto, das 40 espécies registradas para o bioma, 27 encontram-se ameaçadas de extinção devido a atividades como drenagem, açudagem, aterramento, plantação de monoculturas e o uso de agrotóxicos (ICMBio, 2024).

Apesar da grande diversidade, a degradação ambiental tem afetado negativamente muitas espécies de organismos que ali habitam. A perda da conectividade dessas áreas juntamente com a degradação ambiental se mostrou danosa para a comunidade de aves, além de contribuir para a redução da riqueza de macrófitas (Rolon et al., 2012) e com a maior

dissimilaridade na composição de insetos aquáticos nos campos do Pampa (Bacca et al., 2021; Pires et al., 2018). Isso desperta grande preocupação no tocante a conservação e da biodiversidade nas áreas úmidas.

Ameaçadas e desafios para a conservação

A América do Sul passou por transformações significativas na paisagem impulsionadas pela expansão da agricultura (pastagens, terras de cultivo, plantação de árvores) nos últimos 70 anos, estando entre os principais impulsionadores da degradação e perda sistemáticas de áreas úmidas. Nesse cenário, o Pampa destaca-se como uma das regiões mais afetadas por essas alterações no uso e na cobertura da terra, apresentando modificações rápidas e significativas nas práticas agropecuárias (Bardalle et al., 2025, Nomdedeu et al., 2024). Apesar de seus valores, a degradação das áreas úmidas aumentaram significativamente no século XX, enfrentando grandes ameaças devido às pressões por expansão e intensificação agrícola, urbanização, pesca excessiva e poluição, além dos agravos frente às mudanças climáticas (Nomdedeu et al., 2024).

O reconhecimento tardio do Pampa como bioma oficial no Brasil é um reflexo da falta de atenção quanto à conservação das formações campestres. Nos últimos anos, a agricultura e a silvicultura vêm ocupando gradativamente áreas tradicionais de pastoreio, gerando consequências ambientais novas e mais severas (Malabarba, 2025). De acordo com dados do MapBiomas, às áreas pantanosas e os campos alagados representam atualmente ~5% (333.996 ha) do território do Pampa em comparação aos 44% (8.600.579 ha) ocupados pelas atividades agropecuárias (MapBiomas, 2025). Concentrados em pequenas porções do estado, as áreas úmidas sofrem com a imensa pressão exercida pelas atividades agropecuárias, que acabam por ameaçar os recursos do solo e da água, bem como a biodiversidade em um bioma que armazena grandes quantidades de carbono e suporta ecossistemas únicos (Andrade et al., 2023).

Nesse sentido, visando a conservação das áreas úmidas, foi assinado em 1971 na cidade de Ramsar, no Irã, a Convenção de Ramsar, o principal tratado internacional voltado à conservação e uso racional das áreas úmidas e de seus recursos biológicos. O objetivo central da Convenção era “a conservação e o uso racional das áreas úmidas por meio de ações locais, regionais e nacionais e de cooperação internacional”, reconhecendo esses ecossistemas como essenciais para o equilíbrio ambiental, o controle

climático e a manutenção da biodiversidade (The Ramsar Convention Secretariat, 2013). O Brasil tornou-se signatário da Convenção em 1993, comprometendo-se a identificar, proteger e manejar adequadamente seus ecossistemas úmidos. Atualmente, o país possui 27 sítios Ramsar reconhecidos, que totalizam mais de 6,8 milhões de hectares distribuídos em diversos biomas, Amazônia, Pantanal, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa representados pela Estação Ecológica do Taim e o Parque Nacional da Lagoa do Peixe (MMA, 2025).

A Estação Ecológica do Taim, localizada no extremo sul do Rio Grande do Sul, Reconhecida como Sítio Ramsar em 1993, abrange aproximadamente 33 mil hectares de banhados, lagoas, campos e restingas, constituindo um dos mais importantes refúgios de biodiversidade do sul do país. O Taim abriga uma rica fauna composta por aves migratórias, mamíferos, répteis e espécies aquáticas ameaçadas, além de desempenhar papel crucial na regulação do regime hídrico da planície costeira e na retenção de carbono em solos hidromórficos (The Ramsar Convention Secretariat, 2017).

A Convenção também introduz o conceito de “uso racional” (*wise use*), definido como o aproveitamento sustentável das áreas úmidas de forma compatível com sua manutenção ecológica. Isso implica a adoção de práticas de manejo que conciliem conservação e produção, promovendo o equilíbrio entre atividades econômicas como a pecuária extensiva, o turismo ecológico e a agricultura de baixo impacto e a integridade ambiental dos ecossistemas (The Ramsar Convention Secretariat, 2013).

Conclusões

As áreas úmidas do Pampa configuram ecossistemas de elevada relevância ecológica, social e econômica, atuando como reguladoras do ciclo hidrológico, armazenando carbono, filtrando poluentes e abrigando uma expressiva biodiversidade. A complexidade de suas interações ecológicas reforça seu papel essencial na manutenção do equilíbrio ambiental do bioma. No entanto, a intensificação das atividades agropecuárias, a drenagem de banhados, a expansão urbana e o uso de agrotóxicos têm promovido a fragmentação e degradação desses ambientes, comprometendo seus serviços ecossistêmicos e colocando em risco espécies endêmicas e ameaçadas.

Frente a esse cenário, torna-se imprescindível o fortalecimento das políticas públicas voltadas à conservação e ao uso racional das áreas úmidas,

conforme preconiza a Convenção de Ramsar. Estratégias integradas de manejo sustentável, restauração ecológica e educação ambiental são fundamentais para conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação desses ecossistemas. Proteger as áreas úmidas do Pampa significa garantir a continuidade dos processos ecológicos que sustentam a vida e assegurar a resiliência do bioma diante das mudanças climáticas e das pressões antrópicas crescentes.

Referências

ADELI, Sarina; SALEHI, Bahram; MAHDIANPARI, Masoud; QUACKENBUSH, Lindi J.; BRISCO, Brian; TAMIMINIA, Haifa; SHAW, Stephen. Wetland Monitoring Using SAR Data: A Meta-Analysis and Comprehensive Review. **Remote Sensing**, v. 12, n. 14, art. 2190, 2020. DOI: 10.3390/rs12142190. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/14/2190>

ANDRADE, Bianca Ott; DRÖSE, William; AGUIAR, Cassiana Alves de; AIRES, Elisa Teixeira; et al. 12,500+ and counting: biodiversity of the Brazilian Pampa. **Frontiers of Biogeography**, v. 15, n. 2, e59288, 2023. DOI: 10.21425/F5FBG59288. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368602538_12500_and_counting_biodiversity_of_the_Brazilian_Pampa

BACCA, Ricardo C.; PIRES, Mateus M.; MOREIRA, Leandro F. B.; STENERT, Cristina; MALTCHIK, Leonardo. The role of environmental and spatial factors in the assembly of aquatic insect communities in southern Brazilian temporary ponds. **Austral Ecology**, v. 46, n. 2, p. 228–238, 2021. DOI: 10.1111/aec.12972. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aec.12972>

BARDALLE, A. The hidden consequences of agricultural development: soil degradation and pesticide contamination in the South American Pampa biome. **Science of The Total Environment**, v. 857, p. 159313, 2025. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159313. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969725022247>

BATZER, D. P.; SHARITZ, R. R. **Ecology of freshwater and estuarine wetlands**. Berkeley: University of California Press, 2014.

BOLDRINI, ILSI IOB; FERREIRA, P. M. A.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre:

Pallotti, 2010. 64 p.

CGTELETROSUL. Coord.: Luiz R. Malabarba. **Peixes do Pampa**. Disponível em: <https://www.cgteleetrosul.com.br/files/files/sustentabilidade/gestao-ambiental/01%20Peixes%20do%20Pampa.pdf>

COSTANZA, Robert. Changes in the global value of ecosystem services. **Environmental Science & Policy**, v. 36, p. 98–109, 2014. DOI: 10.1016/j.envsci.2013.07.010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014000685>

DIJKSTRA, K. B.; MONAGHAN, M. T.; PAULS, S. U. Freshwater biodiversity and insect diversification. **Annual Review of Entomology**, v. 59, p. 143–163, 2014.

DODDS, Walter K.; WHILES, Matt R. Hydrology and physiography of wetland habitats. In: DODDS, Walter K.; WHILES, Matt R. (Eds.). **Freshwater ecology: concepts and environmental applications in limnology**. 3. ed. New York: Academic Press, 2020. p. 95–120.

ECHTERNACHT, L.; WATANABE, M. T. C. *Syngonanthus*. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB35542>. 2025

IBGE. **Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/biomass/pdf/Lim08_BiomSist.pdf

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Boletim Informativo dos Peixes-Anuais do Pampa**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-rivulideos/2-ciclo/produtos/2024-pan-rivulideos-boletim-peixes-anuais-do-pampa.pdf>

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L.; BOZELLI, R.; ESTEVES, F.; CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: definition, delimitation and classification for research, sustainable management and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 24, p. 5–22, 2014. DOI: 10.1002/aqc.2386. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/65755/1/2014_art_wjung.pdf

KALLIS, Giorgos. To value or not to value? That is not the question. **Ecological Economics**, v. 93, p. 1–5, 2013. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2013.04.022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>

science/article/pii/S0921800913002218

KEDDY, P. A. **Wetland ecology: principles and conservation.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

LACERDA, Taís. **Macrófitas aquáticas de um canal de irrigação de lavoura de arroz da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/macrofitas-aquaticas-de-um-canal-de-irrigacao-de-lavoura-de-arroz-da-planicie-costeira-do-rio-grande-do-sul_201.pdf

MAPBIOMAS. **Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil – 1985–2023.** 2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org>

McCAULEY, Douglas J. Selling out on nature. **Nature**, v. 443, p. 27–28, 2006. DOI: 10.1038/443027a. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/443027a>. Acesso em: 13 out. 2025.

MALTCHIK, Leonardo; SCHNEIDER, Eliane; BECKER, Glayson; ESCOBAR, Alvaro. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). **Pesquisa Botânica**, v. 53, p. 89-100, 2003.

MALTCHIK, Leonardo; ROLON, André S.; GUADAGNIN, Danilo L.; STENERT, Cristina. Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 16, n. 2, p. 137-151, 2004. Disponível em: <https://app.periodikos.com.br/article/627b1134782aad05cd1891c8/pdf/alb-16-2-137.pdf>

MALTCHIK, Leonardo; STENERT, Cristina; SPIES, Márcia Regina; SIEGLOCH, Ana Emilia. Diversity and distribution of Ephemeroptera and Trichoptera in southern Brazil wetlands. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 82, n. 2, p. 160–173, 2009. DOI: 10.2317/JKES808.04.1. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20621946>

MALTCHIK, Leonardo; STENERT, Cristina; KOTZIAN, Carla Bender; PIRES, Mateus Marques. Responses of Odonate Communities to Environmental Factors in Southern Brazil Wetlands. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 83, n. 3, p. 208–220, 2010. DOI: 10.2317/JKES0910.13.1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261944739_Responses_of_Odonate_Communities_to_Environmental_Factors_in_Southern_Brazil_Wetlands

MALTCHIK, Leonardo; STENERT, Cristina; SILVA, Giliandro Gonçalves; MOREIRA, Leonardo Felipe Bairos; LANÉS, Luis Esteban Krause; PIRES, Mateus Marques. Wetlands in the Campos Sulinos: Diversity, Functions, and Threats. In: OVERBECK, Gerhard Ernst; PILLAR, Valério De Patta; MÜLLER, Sandra Cristina; BENCKE, Glayson Ariel (orgs.). **South Brazilian Grasslands: Ecology and Conservation of the Campos Sulinos**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 349–364. DOI: 10.1007/978-3-031-42580-6_13. Disponível em: <https://www.gov.br/inpp/pt-br/pesquisas/publicacoes-do-inpp/WetlandsintheCamposSulinos2024.pdf>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA – MMA. **Sítios Ramsar brasileiros**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/areas-umidas/sitios-ramsar-brasileiros>

MITSCHE, W. J.; GOSSELINK, J. G. **Wetlands**. 5. ed. New York: Wiley, 2015.

NOMDEDEU, Soledad María; ORZANCO, Joaquín; KANDUS, Patricia. Wetlands distribution in the agricultural-livestock core of the South American temperate pampas landscape: approach from soil cartography. **Wetlands Ecology and Management**, v. 32, p. 229-248, 2024. DOI: 10.1007/s11273-023-09972-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11273-023-09972-x>. Acesso em: 13 out. 2025.

OLIVEIRA, A. L. R. *Eriocaulon* L. from Brazil: An annotated checklist and distribution map. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n. 1, p. 1–10, 2015. DOI: 10.1590/0102-33062015abb0003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/KNMj8rZCkcFXMCwCrRWRZ3C/?lang=en>

OLIVEIRA, L. S. Aquatic vascular plants of South Brazil: checklist and a review of their distribution. **Acta Botanica Brasilica**, v. 33, n. 4, p. 531–542, 2019. DOI: 10.1590/0102-33062019abb0313. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/ZftC3QDg9PHvmPsKJrR9hry/>

PIRES, Mateus M.; STENERT, Cristina; MALTCHIK, Leonardo. Drivers of beta diversity of Odonata along a forest-grassland transition in southern Brazilian coastal ponds. **Freshwater Science**, v. 37, n. 2, p. 357–366, 2018. DOI: 10.1086/697163. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/697925?af=R&mobileUi=0&>

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971).

6. ed. Gland, Suíça: **Ramsar Convention Secretariat**, 2013. Disponível em: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-e.pdf>

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. Taim Ecological Station. 2017. Disponível em: <https://rsis.ramsar.org/ris/2298>

ROLIM, Rosângela Gonçalves; MÜLLER, Sandra Cristina; OVERBECK, Gerhard Ernst. Plantas características de campos conservados: um parâmetro para subsidiar a conservação do bioma Pampa. **BioDiverso**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. –, 2025. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/biodiverso/article/view/140760/94607>

ROLON, Ana Silvia; LACERDA, Taís; MALTCHIK, Leonardo; GUADAGNIN, Demétrio Luis. Influence of area, habitat and water chemistry on richness and composition of macrophyte assemblages in southern Brazilian wetlands. **Journal of Vegetation Science**, v. 19, n. 2, p. 221–228, 2008. DOI: 10.3170/2008-8-18359. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227769183_Influence_of_area_habitat_and_water_chemistry_on_richness_and_composition_of_macrophyte_assemblages_in_southern_Brazilian_wetlands

ROLON, Ana Silvia; ROCHA, Otávio; MALTCHIK, Leonardo. Do effects of landscape factors on coastal pond macrophyte communities depend on species traits? **Aquatic Botany**, v. 103, p. 115–121, 2012. DOI: 10.1016/j.aquabot.2012.05.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304377012001258>

TORNQUIST, Carlos Gustavo; BAYER, Cimélio. Serviços ambientais: oportunidades para a conservação dos Campos Sulinos. In: PILLAR, Valério de Patta; MÜLLER, Sandra Cristina; CASTILHOS, Zélia Maria S.; JACQUES, Aino Victor Ávila (Org.). **Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. p. 122–127.

Capítulo 18

ASSOCIAÇÃO ENTRE EXPOSIÇÃO A AGROTÓXICO E CASOS DE TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)¹

ANDRESSA PALHARINI MACHADO²; ROBERTO CARBONERA³; CHRISTIANE DE FÁTIMA COLLET⁴

¹Pesquisa realizada no âmbito do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade, do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS

²Licenciada em Ciências Biológicas, Mestranda de Programa de Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: andressa.palharini@sou.unijui.edu.br

³Eng. Agro, Dr. Professor de Agronomia e do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ e UPF, Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br

⁴Farmacêutica, Dra., Professora do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade e Atenção Integral à Saúde, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: christiane.collet@unijui.edu.br

Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por déficits persistentes na comunicação e interação social em múltiplos contextos, além de padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades. Esses sintomas variam em intensidade e podem ser mascarados por mecanismos compensatórios, sendo o diagnóstico realizado com base em critérios clínicos que consideram tanto a história quanto a apresentação atual do indivíduo (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2022).

O Censo Demográfico de 2022, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apontou cerca de 2,4 milhões de pessoas com diagnóstico de Transtorno do Espectro Autista (TEA) no Brasil, correspondendo a 1,2% da população com dois anos ou mais (IBGE, 2025). A prevalência é maior entre homens (1,5%) do que entre mulheres

(0,9%), destacando-se as crianças de 5 a 9 anos como o grupo mais afetado (2,6%)

Estima-se que 1,7% dos estudantes brasileiros estejam no espectro, o que reforça a necessidade de políticas públicas de inclusão e saúde. Esses números evidenciam o aumento dos diagnósticos e apontam para a importância de investigar fatores ambientais, especialmente em regiões agrícolas com uso intensivo de agrotóxicos.

No Rio Grande do Sul, dados da Fundação de Articulação e Desenvolvimento de Políticas Públicas (FADERS) indicam mais de 33 mil registros ativos da Carteira de Identificação da Pessoa com TEA (Ciptea), abrangendo 485 municípios (FADERS, 2025). Desses, 72% correspondem a indivíduos do sexo masculino, e 79% das pessoas em idade escolar frequentam instituições de ensino. O Censo 2022 mostra prevalência de 1,4% entre homens e 0,9% entre mulheres no estado (IBGE, 2025). Esses dados reforçam a relevância de estudos regionais que analisem fatores ambientais e ocupacionais associados à incidência do autismo, especialmente em áreas de forte atividade agrícola.

A etiologia do TEA é multifatorial, envolvendo a interação entre fatores genéticos e ambientais. Embora os fatores genéticos sejam amplamente reconhecidos, estudos destacam a importância dos fatores ambientais como elementos modificáveis que podem influenciar o risco de desenvolvimento do transtorno (Panesar et al., 2020). Pesquisas apontam que exposições a poluentes e toxinas ambientais durante períodos críticos do desenvolvimento, especialmente durante a gestação e a primeira infância, estão associadas a um aumento na incidência de TEA (Cheslack-Postava et al., 2013; Ijomone et al., 2020; Dutheil et al., 2021; Kalkbrenner et al., 2015).

Entre esses fatores, a exposição a pesticidas agrícolas tem recebido atenção especial. Estudos epidemiológicos sugerem que populações que vivem ou trabalham próximas a áreas de intensa atividade agrícola apresentam maior risco de desenvolver distúrbios do neurodesenvolvimento, incluindo o TEA (Brown et al., 2018; Ehrenstein et al., 2019). Pesquisas como as de Shelton *et al.* (2014) e von Ehrenstein *et al.* (2020) demonstraram associações entre a exposição pré-natal a pesticidas organofosforados e piretróides e o aumento do risco de autismo e outros atrasos no desenvolvimento neurológico infantil.

No Brasil, os agrotóxicos foram regulamentados pela Lei nº 7.802/1989 e reformulada pela Lei 14.785/2023, que os define como

substâncias destinadas a alterar, preservar ou proteger produtos agrícolas, por meio de desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento vegetal (Cigana, 2013). Entretanto, os mesmos compostos que controlam pragas e plantas invasoras, também podem causar sérios danos à saúde humana. Trabalhadores rurais estão particularmente vulneráveis à exposição durante o preparo, a aplicação e a lavagem de equipamentos, o que pode resultar em efeitos agudos e crônicos, dependendo da concentração e do tempo de contato (Fareed, 2013).

Fatores ambientais decorrentes da exposição prolongada a agrotóxicos têm sido associados a alterações no sistema nervoso central, sugerindo uma possível correlação entre o uso intensivo dessas substâncias e o aumento de diagnósticos de transtornos do neurodesenvolvimento, incluindo o autismo (Cheslack-Postava et al., 2013; Brown et al., 2018; Aloizou et al., 2020; Terziev & Petkova-Georgieva, 2019).

O presente estudo está inserido na linha de pesquisa Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), cuja proposta é compreender as interações entre sociedade e meio ambiente, promovendo o desenvolvimento sustentável e a saúde coletiva. A investigação da relação entre a exposição a agrotóxicos e o aumento de casos de transtornos do neurodesenvolvimento, como o autismo, alinha-se diretamente a essa perspectiva, pois envolve a análise de impactos ambientais e seus reflexos na qualidade de vida humana. Este estudo diferencia-se por abordar a problemática sob uma ótica interdisciplinar, integrando aspectos ambientais, toxicológicos e sociais, a partir da realidade local de comunidades agrícolas. Busca-se, assim, preencher lacunas existentes na literatura nacional quanto à exposição ocupacional a pesticidas e seus possíveis efeitos sobre o neurodesenvolvimento, especialmente em regiões de uso intensivo de agrotóxicos, como o Noroeste do Rio Grande do Sul.

A presente pesquisa aborda o tema da Associação do número de casos do Transtorno do Espectro Autista (TEA) ao uso excessivo de agrotóxico. Parte de que se observa um crescente aumento de diagnósticos de TEA em diferentes regiões do Brasil. Paralelamente, o uso excessivo de agrotóxico tem crescido de forma expressiva na agricultura. Estudos apontam possíveis associações entre a exposição crônica a esses compostos químicos e alterações no desenvolvimento neurológico. Diante desse cenário, surge a questão: em que medida a exposição ambiental e ocupacional a agrotóxicos,

pode estar relacionada ao aumento da prevalência de TEA em populações expostas?

Parte-se da hipótese de que a exposição contínua a agrotóxicos, em especial ao glifosato, pode contribuir para o aumento dos casos de Transtorno do Espectro Autista (TEA). Isto porque evidências científicas sugerem que este herbicida interfere em processos biológicos relacionados ao desenvolvimento neurológico, como estresse oxidativo, disfunção mitocondrial, inflamação cerebral e alterações no eixo intestino-cérebro (Puig et al., 2020; Martínez-Larranaga et al., 2021; Siemińska; Świątkowska, 2022; Parvez et al., 2023; Sharma et al., 2024).

A crescente prevalência de transtornos do espectro autista (TEA) em diversas regiões do Brasil tem despertado o interesse científico sobre os possíveis fatores ambientais envolvidos em sua etiologia. Estudos têm apontado para uma possível associação entre a exposição de agrotóxicos durante a gestação e o desenvolvimento de alterações neurocomportamentais. Há indícios de que o herbicida glifosato pode interferir em mecanismos celulares como estresse oxidativo, inflamação e desregulação de neurotransmissores, fatores frequentemente envolvidos na fisiopatologia do TEA. A escassez de estudos brasileiros que correlacionem dados ambientais, de saúde pública e exposição ocupacional em regiões agrícolas com a incidência de TEA reforça a relevância dessa investigação.

O objetivo geral visa avaliar a prevalência de casos de Transtorno do Espectro Autista (TEA) em populações expostas a agrotóxicos, buscando identificar possíveis associações entre a exposição ambiental e o aumento dos diagnósticos. Como objetivos específicos, visa: Analisar possíveis associações entre a exposição a agrotóxicos e o aumento de casos diagnosticados de Transtorno do Espectro Autista (TEA), considerando variáveis sociodemográficas, tempo de trabalho rural e práticas de manejo agrícola; avaliar o perfil de casos diagnosticados de Transtorno do Espectro Autista (TEA), considerando variáveis sociodemográficas, tempo de trabalho rural e práticas de manejo agrícola, bem como exposição aos agrotóxicos e avaliar o conhecimento dos trabalhadores rurais e familiares sobre os riscos dos agrotóxicos à saúde neurológica, buscando identificar lacunas de informação e propor estratégias de educação ambiental e prevenção.

Referencial teórico

Agrotóxicos no Brasil

O termo “agrotóxico”, expressa a conotação negativa relacionada à toxicidade das formulações destes produtos e sua inerente finalidade. Começou a ser mais comumente usados a partir da década de 1980. Anteriormente, predominava a expressão “defensivo agrícola”, sugerindo uma representação supostamente positiva ou neutra dos mesmos. Hoje em dia, ela continua sendo largamente utilizada, principalmente pelos agentes que respondem pela sua produção e inserção nos mercados concorrenenciais globalizados (Carvalho et al., 2017).

Na Lei no 7.802, de 1989 (Brasil, 1989) e no decreto regulamentador no 98.816/1990, reformulada pela Lei 14.785/2023, agrotóxicos e afins são caracterizados como produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos que visam alterar a composição da flora ou da fauna a fim de preservá-las da ação de seres vivos considerados nocivos. Anteriormente à aprovação da referida lei, 85% dos agrotóxicos eram enquadrados nas classes toxicológicas I e II. Após sua implementação, 6% dos mesmos passaram a ser enquadrados nas classes toxicológicas I e II, as mais perigosas, e 94% nas classes III e IV, consideradas menos perigosas (Carvalho et al., 2017).

Os relatórios de comercialização de agrotóxicos divulgados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA (2020) revelam que entre 2010 e 2018 houve um aumento de 43% na quantidade de agrotóxicos comercializados no Brasil. Foram 384.501,28 toneladas vendidas em 2010 e 549.280,44 em 2018. Por outro lado, no mesmo período de 2010 a 2018, a soma das áreas cultivadas para as culturas temporárias e permanentes aferidas pelo IBGE (2020) indicaram incremento de apenas 20% (65.374.591 hectares cultivados em 2010 e 78.502.422 hectares em 2018). Desta maneira, a quantidade de agrotóxicos comercializados no Brasil aumentou mais do que o dobro do que cresceu a área cultivada no país, entre 2010 e 2018 (Hess, Nodari, Ferreira, 2021).

Em julho de 2020, na lista das monografias autorizadas, constavam 455 ingredientes ativos de agrotóxicos para uso agrícola e/ou domissanitário no Brasil, sendo 404 químicos (88,8%) e 51 biológicos (11,2%) (ANVISA, 2020). Dentre esses 404 ingredientes ativos químicos, pelo menos 121 (30,0%) não tinham uso permitido na União Europeia (European Comission, 2020).

Entre os 20 ingredientes ativos dos agrotóxicos de produtos comerciais mais vendidos no país em 2018, dentre os 88 produtos da lista divulgada pelo IBAMA (2020), nove deles constam como uso não autorizado na União Europeia: acefato (o 5º mais vendido), ametrina (17º), atrazina (4º), carbendazim (15º), clorotalonil (12º), clorpirifós (13º), metomil (18º), tebutiurom (19º) e tiofanato-metílico (20º), que totalizaram 97.816,3 toneladas de ingredientes ativos comercializadas em 2018 (European Comission, 2020; IBAMA, 2020).

Dentre os 611 novos agrotóxicos autorizados no Brasil entre janeiro de 2019 e junho de 2020 contendo ingredientes ativos químicos, 359 (58,7%) são produtos técnicos. Dos 252 restantes, as culturas agrícolas que tiveram mais de 50 novos agrotóxicos aprovados para uso foram: soja (150 novos agrotóxicos químicos, 59,5% do total, excetuando-se os produtos técnicos); algodão (111, 44,0%); milho (110, 43,7%); cana-de-açúcar (97, 38,5%); feijão (88, 34,9%); citros (80, 31,7%); café (80, 31,7%); tomate (78, 31,02%); trigo (70, 27,8%); batata (64, 25,4%); arroz (61, 24,2%) e maçã (53, 21,0%) (Hess, Nodari, Ferreira, 2021).

Conforme o cenário já apresentado acima, é inevitável que diversos compostos químicos potencialmente perigosos acabem se dispersando e contaminando o ambiente. Assim, é de extrema importância que seja feito um monitoramento constante, tanto da presença quanto dos efeitos nocivos nos diferentes tipos de organismos não alvos. Conforme levantamento de Lopes & Albuquerque (2018), as publicações científicas sobre os impactos ambientais do uso de agrotóxicos realizadas entre 2011 e 2017 evidenciam os prejuízos causados sobre os insetos, as águas, os solos e os peixes pelo uso dessas substâncias, muitas vezes por alterarem seus habitats naturais (Hess, Nodari, Ferreira, 2021).

HESS, S. C. *et al.* Criticam o uso de agrotóxicos, pois a regulação permite o envenenamento do País. A aplicação desses compostos não se restringe às lavouras, estendendo-se aos mais diversos compartimentos ambientais. Quando se trata de pulverização aérea, essas consequências podem ser ainda mais drásticas. Todos os brasileiros deveriam ser alertados para o fato de que os agrotóxicos aplicados em um determinado lugar podem se deslocar para outros, junto com os alimentos, com a água das chuvas ou com o vento (Hess, Nodari, Ferreira, 2021).

Toxicidade e saúde

O impacto negativo à saúde humana e ao meio ambiente causado pela exposição aguda e crônica aos agrotóxicos já é bem conhecido pela literatura. Apesar disto, contraditoriamente, o Brasil consome imensas quantidades destes venenos, sendo o maior consumidor de agrotóxicos do mundo (Rigotto, Vasconcelos, Rocha 2012). No meio ambiente, o efeito do uso intensivo de agrotóxicos causa desde a degradação do solo e da água (Tambellini, Miranda, 2012). Até a contaminação de organismos aquáticos e terrestres (Ruiz et al, 2012) (Egler et al, 2012), podendo, até mesmo, levar à letalidade, fato frequente, na atualidade, em relação às abelhas (Tomé et al, 2015; Machado, et al, 2019).

Na saúde humana, a exposição a esses venenos pode ocorrer por meio de absorção dérmica, inalação ou por intermédio de alimentos contaminados (Santana, Moura, Nogueira, 2013), causando desde intoxicações agudas (Santana, Moura, Nogueira 2013), até efeitos tardios como alguns tipos de câncer (Segatto et al, 2015) (Silva, et al, 2016). Um estudo conduzido no Paraná identificou, em um total de 46 indivíduos, 20 casos de intoxicação crônica de origem laboral por agrotóxicos em fumicultores, incluindo transtornos psiquiátricos menores, perdas auditivas e polineuropatia tardia, causados por organofosforados (Murakami *et al* 2017).

Estudos mostram que alimentos expostos para o consumo humano também podem estar contaminados por resíduos dessas substâncias utilizadas no campo (Ciscato, Gebara, 2017). Além disso, a composição nutricional dos alimentos contaminados por agrotóxicos pode ser alterada, de forma a reduzir, por exemplo, sua própria quantidade de antioxidantes (Lima *et al* 2012).

Na área de alimentos, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) implantou, desde 2001, o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). O PARA coleta, periodicamente, com o apoio das equipes de vigilância sanitária municipais e estaduais, alimentos expostos à venda em redes de supermercados distribuídos nos municípios do território nacional, para que sejam analisados nos diversos laboratórios públicos e privados contratados. A análise consiste em identificar os tipos de agrotóxicos presentes nos alimentos, com base no método de multiresíduos e outros métodos específicos para algumas substâncias, e verificar se são

autorizados para aquela cultura e se estão dentro do limite máximo de resíduos (LMR) permitido pela Anvisa (ANVISA, 2017).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que, a cada ano, em média 3 a 5 milhões de pessoas são contaminadas por agrotóxicos em todo o Mundo, esse número pode chegar a 25 milhões de trabalhadores rurais. No entanto, independentemente do número de indivíduos acometidos, é à seriedade dos problemas, esta preocupação se amplia nos países em desenvolvimento, que são responsáveis por aproximadamente 20% do consumo mundial dos agrotóxicos (Peres *et al.*, 2003).

Transtorno do espectro autista

Segundo a American Psychiatric Association, o Transtorno do Espectro Autista(TEA) é um transtorno do neurodesenvolvimento, que vem sendo cada vez mais diagnosticado em crianças. As principais características são a dificuldade de comunicação e de interação social e padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades, que estão presentes desde a primeira infância e limitam ou prejudicam não somente o desenvolvimento do acometido pelo transtorno como também sua qualidade de vida (Faria & Borba, 2024).

De acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais – DSM-5-TR (APA, 2022), o Transtorno do Espectro Autista é classificado em três níveis de suporte que indicam o grau de assistência necessária para que o indivíduo consiga desempenhar suas atividades cotidianas e sociais de forma funcional; tais níveis não se referem propriamente à gravidade da condição, mas à intensidade do auxílio requerido em função das limitações observadas nos domínios da comunicação social e dos comportamentos restritos e repetitivos.

O *nível 1*, denominado “requer suporte”, descreve sujeitos que, apesar de possuírem linguagem funcional e certa autonomia, demonstram dificuldades perceptíveis em iniciar e manter interações sociais adequadas, além de apresentarem resistência moderada a mudanças de rotina.

O *nível 2*, caracterizado como “requer suporte substancial”, envolve déficits marcantes na comunicação verbal e não verbal, bem como rigidez comportamental que interfere de maneira significativa no convívio social e no desempenho escolar ou laboral.

Já o *nível 3*, correspondente a “requer suporte muito substancial”, contempla indivíduos com comprometimentos graves, frequentemente

com pouca ou nenhuma linguagem funcional, padrões repetitivos intensos e dependência constante de assistência para suas atividades básicas.

Assim, a classificação proposta pelo DSM-5-TR busca não apenas descrever o espectro em termos dimensionais, mas também orientar estratégias terapêuticas e educacionais individualizadas, reconhecendo que o autismo manifesta-se de forma ampla e heterogênea, exigindo diferentes níveis de intervenção e apoio conforme o contexto e as necessidades de cada pessoa.

Autismo e agrotóxicos

O uso intensivo de agrotóxicos, especialmente em países de elevada produção agrícola como o Brasil, tem provocado preocupação crescente quanto aos seus impactos na saúde humana e ambiental (Carneiro et al., 2015; Pignati et al., 2017). Substâncias como organofosforados, organoclorados e glifosato possuem comprovada capacidade de interferir em processos neurobiológicos, atuando sobre enzimas, neurotransmissores e mecanismos epigenéticos durante períodos críticos do desenvolvimento (Morgan et al., 2014; Rodríguez et al., 2020). Estudos experimentais demonstram que a exposição pré-natal ou nos primeiros anos de vida a tais compostos pode causar alterações na expressão gênica, desequilíbrio oxidativo e disfunção sináptica, processos intimamente relacionados aos mecanismos neuropatológicos do autismo (Lan et al., 2019; Mejía et al., 2022).

Pesquisas epidemiológicas reforçam essa associação ao indicar que populações residentes em áreas agrícolas, com maior uso de pesticidas, apresentam maior incidência de TEA entre crianças expostas durante a gestação ou na primeira infância (Van Maele-Fabry et al., 2017; Vorhees et al., 2021). Em regiões como a Califórnia (EUA), observou-se aumento significativo do risco de diagnóstico de TEA entre filhos de mães que residiam próximas a áreas de pulverização agrícola (Shelton et al., 2014). Tais evidências reforçam a hipótese de que a exposição crônica a agrotóxicos, ainda que em doses subclínicas, pode exercer papel relevante na gênese de distúrbios do neurodesenvolvimento, incluindo o TEA.

Diante disso, torna-se essencial compreender as interações entre fatores ambientais e genéticos na etiologia do autismo, bem como avaliar o impacto da contaminação por agrotóxicos sobre a saúde pública. No caso brasileiro, em que o consumo de pesticidas cresce de forma expressiva,

a investigação sobre possíveis correlações entre exposição ambiental e aumento de casos de TEA é de elevada relevância para subsidiar políticas de vigilância em saúde e ações preventivas em populações vulneráveis (Von Ehrenstein, *et al.*, 2019).

Resultados de experimentos *in vivo* e *in vitro* também apontam que a exposição a determinados pesticidas pode modificar a expressão gênica, alterar níveis de proteínas neuronais e provocar distúrbios comportamentais relacionados ao espectro autista. Em um desses estudos, a administração pré-natal do organofosforado clorpirifós em doses sub-tóxicas a camundongos com características semelhantes às do TEA humano resultou em atraso no desenvolvimento motor e intensificação de comportamentos típicos do espectro nos filhotes machos (Von Ehrenstein, *et al.*, 2019).

Apesar dessas evidências, ainda há poucas pesquisas populacionais que avaliam a relação entre exposição a pesticidas no ambiente real e o risco de TEA. Um estudo conduzido na Califórnia buscou preencher essa lacuna ao analisar a exposição pré-natal e na primeira infância a pesticidas de uso intensivo, previamente selecionados por sua neurotoxicidade demonstrada em estudos experimentais. Os dados sobre o uso desses compostos, obtidos por meio do sistema estadual de registros obrigatórios de pesticidas (CAPUR), foram integrados a uma plataforma de georreferenciamento (SIG), que permitiu cruzar informações de exposição com endereços de nascimento da população investigada (Von Ehrenstein *et al.* 2019).

Os resultados da pesquisa indicam que o transtorno do espectro autista foi associado à exposição pré-natal ao glifosato (razão de chances 1,16, intervalo de confiança de 95% de 1,06 a 1,27), clorpirifós (1,13, 1,05 a 1,23), diazinon (1,11, 1,01 a 1,21), malation (1,11, 1,01 a 1,22), avermectina (1,12, 1,04 a 1,22) e permetrina (1,10, 1,01 a 1,20).

Para o transtorno do espectro autista com deficiência intelectual, as razões de chances estimadas foram maiores (em cerca de 30%) para a exposição pré-natal ao glifosato (1,33; IC 95%: 1,05 a 1,69), clorpirifós (1,27; IC 95%: 1,04 a 1,56), diazinon (1,41; IC 95%: 1,15 a 1,73), permetrina (1,46; IC 95%: 1,20 a 1,78), brometo de metila (1,33; IC 95%: 1,07 a 1,64) e miclobutanol (1,32; IC 95%: 1,09 a 1,60); a exposição no primeiro ano de vida aumentou as chances de comorbidade do transtorno com deficiência intelectual em até 50% para algumas substâncias pesticidas (Von Ehrenstein, *et al.* 2019).

Como conclusão, os resultados sugerem que o risco de um filho desenvolver transtorno do espectro autista aumenta após a exposição pré-natal a pesticidas presentes no ar ambiente a um raio de 2000 m da residência da mãe durante a gravidez, em comparação com filhos

de mulheres da mesma região agrícola que não foram expostas a esses pesticidas. A exposição na infância pode aumentar ainda mais o risco de transtorno do espectro autista associado à deficiência intelectual (Von Ehrenstein *et al.* 2019).

Portanto, os resultados de pesquisas realizadas apontam para a associação entre a exposição a agrotóxicos e o desenvolvimento do transtorno do espectro autista, o que justifica a realização da presente pesquisa.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). **Relatório de atividades 2013-2015**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents>. Acesso em: out. 2025.

ALOIZOU, A. M. et al. Pesticides, cognitive functions and dementia: a review. **Toxicology Letters**, v. 326, p. 31–51, 2020.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais: DSM-5-TR (Text Revision)**. Porto Alegre: Artmed, 2023.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Regularização de produtos agrotóxicos. **Monografias autorizadas**. 2020. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>. Acesso em: outubro. 2025.

BROWN, A. et al. Association of maternal insecticide levels with autism in offspring from a national birth cohort. **American Journal of Psychiatry**, v. 175, p. 1094–1101, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes para Atenção Integral à Saúde do Trabalhador de Complexidade Diferenciada: Protocolo de Atenção à Saúde dos Trabalhadores Expostos a Agrotóxicos**. Brasília, 2006.

CARNEIRO, F. F. et al. **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV/Expressão Popular, 2015.

CARVALHO, M. M. X.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. “Defensives” or “pesticides”? A history of the use and perception of

pesticides in the state of Santa Catarina, Brazil, 1950-2002. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 24, n. 1, p. 75–91, 2017.

CHASTE, P.; LEBOYER, M. Autism risk factors: genes, environment, and gene–environment interactions. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, v. 14, n. 3, p. 281–292, 2012.

CHESLACK-POSTAVA, K. et al. Maternal serum persistent organic pollutants in the Finnish Prenatal Study of Autism: a pilot study. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 38, p. 1–5, 2013.

CIGANA. Uso de agrotóxicos no Rio Grande do Sul chega quase ao dobro da média nacional. **Zero Hora**, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://mst.org.br/2013/11/26/uso-de-agrotoxicos-no-rs-chega-a-quase-o-dobro-da-media-nacional/>. Acesso em: 01 set. 2025.

CISCATO, C. H. P.; GEBARA, A. B. Avaliação de resíduos de pesticidas na dieta brasileira, período de 2001 a 2010. **Higiene Alimentar**, v. 31, p. 110–114, 2017.

DUTHEIL, F. et al. Autism spectrum disorder and air pollution: a systematic review and meta-analysis. **Environmental Pollution**, v. 278, p. 116856, 2021.

EGLER, M. et al. Influence of agricultural land-use and pesticides on benthic macroinvertebrate assemblages in an agricultural river basin in southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, p. 437–443, 2012.

EHRENSTEIN, O. S. et al. Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children: population based case-control study. **BMJ**, v. 364, p. 1962, 2019.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Basic information about pesticide ingredients. **United States Environmental Protection Agency**, 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/basic-information-about-pesticide-ingredients>. Acesso em: out.2025

EUROPEAN COMMISSION. **Plants – EU Pesticides Database**. 2020. Disponível em: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/>. Acesso em: set. 2025.

FAREED, M. et al. Adverse respiratory health and hematological alterations among agricultural workers occupationally exposed to organophosphate pesticides: a cross-sectional study in North India. **PLoS ONE**, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal>.

pone.0069755. Acesso em: set.2025.

FERREIRA DE SIQUEIRA, D. et al. Análise da exposição de trabalhadores rurais a agrotóxicos. **Revista Brasileira de Promoção da Saúde**, v. 26, p. 182–191, 2013.

HERTZ-PICCIOTTO, I. et al. A prospective study of environmental exposures and early biomarkers in autism spectrum disorder: Design, protocols, and preliminary data from the MARBLES study. **Environmental Health Perspectives**, v. 126, n. 11, 2018.

IJOMONE, O. M. et al. Environmental influence on neurodevelopmental disorders: potential association of heavy metal exposure and autism. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 62, p. 126638, 2020.

JARDIM, A. N. O. et al. Pesticide residues in cashew apple, guava, kaki and peach: GC- μ ECD, GC-FPD and LC-MS/MS multiresidue method validation, analysis and cumulative acute risk assessment. **Food Chemistry**, v. 164, p. 195–204, 2014.

KALKBRENNER, A. E. et al. Particulate matter exposure, prenatal and postnatal windows of susceptibility, and autism spectrum disorders. **Epidemiology**, v. 26, p. 30–42, 2015.

LAN, A. et al. Pesticide exposure and neurodevelopmental outcomes: A review of the epidemiologic and toxicologic evidence. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 381, p. 114711, 2019.

LIMA, G. P. P. et al. Organic and conventional fertilisation procedures on the nitrate, antioxidants and pesticide content in parts of vegetables. **Food Additives & Contaminants Part B: Surveillance**, v. 5, p. 188–193, 2012.

MACHADO DA ROSA, J. et al. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: existe uma explicação? **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, p. 154–162, 2019.

MARTÍNEZ-LARRAÑAGA, M. R. et al. Toxicological effects of glyphosate-based herbicides: Implications for human health. **Environmental Research**, v. 195, p. 110–117, 2021.

MEJÍA, J. F. et al. Glyphosate exposure induces oxidative stress and neurobehavioral alterations in developing animals: a review of experimental evidence. **Environmental Research**, v. 213, p. 113693, 2022.

MORGAN, M. K. et al. Organophosphate pesticide exposure during pregnancy and neurodevelopment in children. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 3, p. 276–282, 2014.

MURAKAMI, Y. et al. Intoxicação crônica por agrotóxicos em fumicultores. **Saúde em Debate**, v. 41, p. 563–576, 2017.

PANESAR, H. K. et al. Polychlorinated biphenyls (PCBs): risk factors for autism spectrum disorder? **Toxics**, v. 8, n. 3, p. 70, 2020.

PARVEZ, S. et al. Glyphosate exposure and neurodevelopmental disorders: emerging evidence from experimental and epidemiological studies. **Toxicology Reports**, v. 10, p. 1250–1261, 2023.

PIGNATI, W. A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017.

PUIG, B. et al. Glyphosate and the gut–brain axis: Implications for neurodevelopmental disorders. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 21, p. 1–15, 2020.

RIGOTTO, R. M.; VASCONCELOS, D. P.; ROCHA, M. M. Pesticide use in Brazil and problems for public health. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 1360–1362, 2014.

RODRÍGUEZ, J. L. et al. Environmental exposure to pesticides and neurodevelopmental outcomes in children: a systematic review. **Neuro Toxicology**, v. 79, p. 88–102, 2020.

RUIZ DE ARCAUTE, C. et al. Influence of existing site contamination on sensitivity of *Rhinella fernandezae* tadpoles to Lorsban 48E formulation of chlorpyrifos. **Ecotoxicology**, v. 21, p. 2338–2348, 2012.

SANTANA, V. S.; MOURA, M. C. P.; NOGUEIRA, F. F. Mortalidade por intoxicação ocupacional relacionada a agrotóxicos, 2000–2009, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, p. 598–606, 2013.

SEGATTO, M. M. et al. Residential and occupational exposure to pesticides may increase risk for cutaneous melanoma: a case-control study conducted in the south of Brazil. **International Journal of Dermatology**, v. 54, p. 527–538, 2015.

SHARMA, A.; KUMAR, V.; KUMAR, R. Environmental exposure to glyphosate and risk of autism spectrum disorders: current insights and future directions. **Frontiers in Neurology**, v. 15, p. 1402231, 2024.

- SHELTON, J. F. et al. Neurodevelopmental disorders and prenatal residential proximity to agricultural pesticides: The CHARGE study. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 10, p. 1103–1109, 2014.
- SIEMIŃSKA, A.; ŚWIĄTKOWSKA, E. Pesticides and autism spectrum disorder: an updated review of epidemiological and experimental evidence. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 4, p. 2331, 2022.
- SILVA, A. C. et al. Socioeconomic profile of rural workers cancer sufferers. **Revista da Fundação Care**, v. 8, p. 4891–4897, 2016.
- TAMBELLINI, A. T.; MIRANDA, A. C. Saúde e ambiente. In: GIOVANELLA, L. et al. (orgs.). **Políticas e sistema de saúde no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2012. p. 1037–1073.
- TERZIEV, V.; PETKOVA-GEORGIEVA, S. P. Human health problems and classification of the most toxic pesticides. **International Journal of Academic Research in Social Sciences**, v. 5, p. 1349–1356, 2019.
- TOMÉ, H. V. V. et al. Spinosad in the native stingless bee *Melipona quadrifasciata*: regrettable non-target toxicity of a bioinsecticide. **Chemosphere**, v. 124, p. 103–109, 2015.
- VAN MAELE-FABRY, G. et al. Occupational exposure to pesticides and autism spectrum disorders in offspring: a systematic review and meta-analysis. **Environment International**, v. 108, p. 48–56, 2017.
- VON EHRENSTEIN, O. S.; LING, C.; CUI, X.; COCKBURN, M.; PARK, A. S.; YU, F.; WU, J.; RITZ, B. Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children: population based case-control study. **BMJ**, v. 364, p. l962, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.l962>. Acesso em: out. 2025.
- VORHEES, C. V. et al. Pesticide exposure and risk of autism spectrum disorders: current evidence and future perspectives. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 86, p. 103666, 2021.
- WINDHAM, G. C.; SERRE, M. L.; AKITA, Y.; WANG, X.; HOFFMAN, K. et al. Particulate matter exposure, prenatal and postnatal windows of susceptibility, and autism spectrum disorders. **Epidemiology**, v. 26, p. 30-42, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/ede.0000000000000173>. Acessada em: out.2025.

IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DO TRANSPORTE MARÍTIMO DO SENEGRAL¹

ALASSANE CISSOKHO²; ROBERTO CARBONERA³

¹Projeto de pesquisa elaborado junto ao Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade, do Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

²Intercambista do Senegal, Mestrando em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: alassane.cissokho@sou.unijui.edu.br

³Professor, Dr. Agronomia e Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUÍ, Ijuí, RS. E-mail: carbonera@unijui.edu.br

Introdução

O transporte marítimo é hoje um dos principais motores da economia global, representando cerca de 80% do volume do comércio internacional de mercadorias (OMI, 2023). Para os países em desenvolvimento com acesso ao mar, como o Senegal, essa atividade constitui uma alavanca estratégica de crescimento, criação de empregos, integração regional e desenvolvimento de infraestrutura.

Localizado na costa atlântica da África Ocidental, o Senegal ocupa uma posição geográfica estratégica que o torna um ponto de interseção para o comércio entre a África, a Europa e as Américas. Seu principal porto, o Porto Autônomo de Dakar (PAD), é um dos mais antigos e importantes da sub-região oeste-africana. Ele desempenha um papel central não apenas na economia senegalesa, mas também no comércio de países sem litoral como Mali, Burkina Faso e Níger (UNCTAD, 2021).

Há vários anos, o Estado senegalês tem investido massivamente na modernização e expansão de suas infraestruturas portuárias, especialmente por meio do Plano Senegal Emergente (PSE), que visa transformar o país em um centro logístico regional (República do Senegal, 2014). No entanto, essa dinâmica de crescimento portuário acelerado traz consigo diversos impactos negativos sobre o meio ambiente e sobre as comunidades locais.

Do ponto de vista ambiental, o transporte marítimo está associado à poluição marinha e atmosférica, à degradação dos ecossistemas costeiros, à erosão do litoral e à introdução de espécies invasoras por meio das águas de lastro. Do ponto de vista social, observam-se condições de trabalho frequentemente precárias nas zonas portuárias, deslocamento de populações devido à expansão da infraestrutura, conflitos com pescadores artesanais e acesso desigual aos benefícios econômicos dessa atividade (Sylla & Diouf, 2020; Greenpeace África, 2021).

Essas problemáticas são ainda mais preocupantes se considerarmos que, apesar da adesão do Senegal a diversos instrumentos internacionais de proteção ambiental – como a Convenção MARPOL e o Acordo de Paris sobre o clima – a tradução desses compromissos em políticas públicas concretas permanecem limitadas (OMI, 2022; PNUMA, 2023). Os desafios são múltiplos: falta de meios de controle, fragilidade da governança ambiental, e priorização dos interesses econômicos em detrimento dos direitos ambientais e sociais.

Neste contexto, esta pesquisa tem como principal objetivo analisar criticamente os impactos ambientais e sociais do transporte marítimo no Senegal, por meio do estudo de caso do Porto Autônomo de Dakar. Parte-se da hipótese de que o desenvolvimento do setor marítimo, embora indispensável à economia, não integra suficientemente os princípios de sustentabilidade ambiental e social, o que gera desequilíbrios e conflitos.

Este trabalho visa, assim, contribuir para uma melhor compreensão das questões relacionadas à expansão do transporte marítimo e propor caminhos para um desenvolvimento mais justo e respeitoso com o meio ambiente. Ele também se insere na perspectiva dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial: o ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico; ODS 13: Ação contra a mudança global do clima e ODS 14: Vida na água (proteger os oceanos, mares e recursos marinhos)

A escolha do tema «Impactos ambientais e sociais do transporte marítimo do Senegal» justifica-se pela importância estratégica deste setor para a economia nacional e pelos desafios de sustentabilidade que ele apresenta. Com mais de 700 km de litoral e um porto de destaque na África Ocidental, o Senegal é um centro marítimo essencial, motor de crescimento e de empregos.

No entanto, essa atividade também gera efeitos negativos: poluição do ar e do mar, perturbações dos ecossistemas e incômodos

para as populações ribeirinhas. Num contexto de transição ecológica e de compromissos internacionais (MARPOL, Acordo de Paris), torna-se crucial avaliar esses impactos para propor soluções que conciliem desenvolvimento econômico, proteção ambiental e bem-estar social.

Este trabalho, portanto, responde a um duplo objetivo: compreender os desafios ligados ao transporte marítimo e contribuir para a implementação de um modelo mais respeitoso e sustentável para o Senegal.

A problemática resiste, apesar da importância estratégica do transporte marítimo para a economia do Senegal, especialmente por meio do Porto de Dakar. Essa atividade tem gerado sérios impactos ambientais e sociais, como a poluição marinha, a degradação dos ecossistemas costeiros e o comprometimento das condições de vida das comunidades locais, como afirmado anteriormente.

Diante disso, surge a seguinte questão: Como os impactos ambientais e sociais causados pelo transporte marítimo no Senegal têm afetado o meio ambiente e as populações costeiras, e de que forma o país tem lidado com esses desafios para promover um desenvolvimento sustentável no setor?

Parte-se da hipótese de que se não forem adotadas medidas eficazes de gestão ambiental e social, os impactos negativos do transporte marítimo no Senegal tendem a se intensificar, comprometendo a sustentabilidade ecológica e o bem-estar das comunidades costeiras.

Como objetivo principal, destaca-se a análise dos impactos ambientais e sociais provocados pelas atividades de transporte marítimo no Senegal, especialmente na região do Porto de Dakar, buscando compreender as consequências para os ecossistemas costeiros e para as comunidades locais.

Como objetivos específicos, visa identificar os principais impactos ambientais associados ao transporte marítimo nas zonas costeiras do Senegal, como poluição marinha, degradação de habitats e risco à biodiversidade; examinar os efeitos sociais dessas atividades sobre as populações locais, com foco em comunidades pesqueiras e residentes de áreas portuárias; investigar as políticas públicas, legislações ambientais e estratégias de gestão aplicadas ao setor marítimo no Senegal e propor recomendações para minimizar os impactos negativos do transporte marítimo, promovendo práticas sustentáveis e socialmente justas.

Revisão bibliográfica

O transporte marítimo constitui um pilar essencial da economia senegalesa, graças à sua posição geográfica estratégica no Atlântico e à importância do Porto Autônomo de Dakar, que atende não apenas o país, mas também grande parte da África Ocidental. No entanto, o desenvolvimento desse setor gera impactos ambientais e sociais significativos, levantando preocupações quanto à sustentabilidade e à governança do mesmo.

Os principais impactos ambientais do transporte marítimo são os seguintes: Poluição atmosférica e emissões de gases de efeito estufa (GEE). Segundo a Organização Marítima Internacional (OMI), o transporte marítimo representa cerca de 3% das emissões globais de CO₂ (IMO, 2020). Em Dakar, a concentração de navios e atividades portuárias contribui fortemente para a degradação da qualidade do ar (ANSD, 2021). Poluição marinha, o despejo de hidrocarbonetos, produtos químicos, águas de lastro e resíduos sólidos ameaça a biodiversidade marinha. As zonas de pesca artesanal, vitais para a segurança alimentar, são particularmente vulneráveis (FAO, 2018). Degradação dos ecossistemas costeiros, a construção de infraestruturas como o Porto de Ndayane ou a ampliação do Porto de Dakar provoca a destruição de manguezais, a modificação do litoral e a erosão costeira (World Bank, 2019). Poluição sonora e perturbações marinhas, o ruído dos motores e das atividades portuárias afeta mamíferos marinhos e outras espécies aquáticas (OMI, 2014). Risco de marés negras, o aumento do tráfego marítimo eleva o risco de colisões e derramamentos acidentais, cujas consequências ecológicas podem ser catastróficas.

Os principais impactos sociais e econômicos, são os seguintes: geração de empregos e desenvolvimento econômico; o setor marítimo gera uma grande quantidade de empregos em manuseio, logística e serviços portuários (Port Autonome de Dakar, 2020); pressão urbana e social sobre Dakar, que concentra mais de 25% da população nacional, enfrenta forte congestionamento e desequilíbrio territorial acentuado pela centralização das atividades portuárias (ANSD, 2019). Efeitos na saúde pública, a poluição atmosférica proveniente de navios e equipamentos portuários causa doenças respiratórias, principalmente nas áreas costeiras (OMS, 2017). Conflitos de uso e desigualdades, o desenvolvimento portuário gera tensões com pescadores artesanais, que veem suas zonas de atividade reduzidas, ameaçando seus meios de subsistência (FAO, 2020) e segurança

alimentar, a degradação dos recursos pesqueiros afeta diretamente as populações locais dependentes da pesca artesanal.

O quadro regulamentar e principais iniciativas: Convenções internacionais, o Senegal é signatário da Convenção MARPOL (1973/1978) para a prevenção da poluição por navios, bem como da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC, 1992). Relaciona-se à agenda 2030 e aos seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): O ODS 14 (Vida na Água) e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) visam diretamente a sustentabilidade do transporte marítimo e costeiro. A Lei-Quadro sobre o Meio Ambiente (1996), define os princípios de proteção ambiental aplicáveis às atividades portuárias e marítimas. O Código da Marinha Mercante do Senegal, regula juridicamente a navegação e as atividades marítimas, incluindo obrigações relativas à segurança e à proteção ambiental. O Plano Senegal Emergente (PSE), este plano estratégico inclui a modernização portuária, notadamente o porto em águas profundas de Ndayane, destacando a sustentabilidade e a responsabilidade social e iniciativas locais, como Porto Autônomo de Dakar, desenvolvem programas de Responsabilidade Social Empresarial (RSE) voltados à melhoria da gestão de resíduos e à redução das emissões poluentes.

Para o estudo serão utilizados documentos e textos legislativos a fim de fazer um balanço dos trabalhos anteriores sobre o tema, destacando-se os seguintes:

The Swarm - Frank Schätzing (2004), os oceanos reagem às atividades humanas por meio de fenômenos marinhos anormais, perturbando o transporte marítimo global. O fechamento de portos, naufrágios e os impactos econômicos afetam fortemente as populações costeiras, destacando a vulnerabilidade humana diante dos ecossistemas marinhos. Os capítulos relevantes são 8 a 12 e 18 a 20, e os temas principais são a perturbação do transporte marítimo, vulnerabilidade econômica, interação homem-natureza.

Zodiac – Neal Stephenson (1988), um ativista investiga a poluição industrial na baía de Boston. Os transportes marítimos são contaminados por resíduos tóxicos, ameaçando a saúde pública e o meio ambiente. O romance destaca o conflito entre indústria, sociedade e ecologia, e a importância da proteção dos oceanos. Os capítulos relevantes: 5 a 10 e 15, e os temas principais são a poluição marítima, responsabilidade industrial, proteção dos ecossistemas.

Sea Change – James Powlik (1999), a proliferação de algas nocivas perturba a pesca e o transporte marítimo. O fechamento de portos e as perdas econômicas afetam as comunidades costeiras. O romance enfatiza a interdependência entre as atividades humanas e os ecossistemas marinhos e a necessidade de ação científica e comunitária. Os capítulos relevantes são os de 1 a 12 e os temas principais são a ecologia marinha, impactos socioeconômicos, papel da ciência e da comunidade.

The Drowned World – J.G. Ballard (1962), o aquecimento global submerge cidades e portos, paralisando o comércio marítimo. As populações devem migrar ou adaptar-se a um ambiente hostil. O romance explora as transformações ecológicas e seus impactos sociais, revelando a dependência humana das infraestruturas marítimas. Os capítulos relevantes são os de 2 a 9 e os temas principais são a elevação do nível do mar, perturbação das infraestruturas, adaptação humana.

The Sea and Summer – George Turner (1987), a elevação do nível do mar e os desastres climáticos destroem portos e interrompem o comércio marítimo. As tensões sociais e as desigualdades aumentam. O romance ilustra como as mudanças ambientais influenciam diretamente a sociedade, a economia e os transportes marítimos. Os capítulos relevantes são os de 3 a 12 e os temas principais são as desigualdades sociais, catástrofes climáticas, vulnerabilidade das infraestruturas marítimas

Quadros jurídicos e políticos ambientais relativos aos impactos ambientais e sociais do transporte marítimo no Senegal

O transporte marítimo desempenha um papel essencial na economia do Senegal, especialmente por meio do Porto Autônomo de Dakar, que constitui o principal centro comercial da sub-região da África Ocidental. No entanto, essa atividade causa impactos ambientais e sociais significativos, como a poluição marinha, a degradação dos ecossistemas costeiros e os riscos enfrentados pelas populações ribeirinhas.

Diante desses desafios, o Senegal criou diversos instrumentos jurídicos e políticas públicas destinados a regulamentar, prevenir e reduzir os efeitos negativos do transporte marítimo sobre o meio ambiente e a sociedade.

1. O código do meio ambiente do Senegal (1996)

O Código do Meio Ambiente, adotado pela Lei nº 2001-01 de 15 de janeiro de 2001, constitui o principal quadro legal de proteção ambiental no Senegal. Ele se aplica a todas as atividades que possam afetar o meio natural, incluindo o transporte marítimo.

Os artigos L65 a L67 são particularmente importantes. O artigo L65 estabelece que qualquer depósito, imersão ou incineração de substâncias no mar deve ser previamente autorizado pelo ministro responsável pelo Meio Ambiente, após a realização de um estudo de impacto ambiental. Já o artigo L67 determina que qualquer navio que transporte hidrocarbonetos ou substâncias perigosas em águas sob jurisdição senegalesa deve comunicar imediatamente qualquer incidente que possa representar uma ameaça ao meio marinho. Essas disposições visam prevenir a poluição acidental, controlar as operações marítimas potencialmente poluentes e reforçar a responsabilidade ambiental dos operadores do setor.

2. A Agência Nacional dos Assuntos Marítimos (ANAM)

A Agência Nacional dos Assuntos Marítimos (ANAM) foi criada em 2003 com o objetivo de regular, controlar e fiscalizar as atividades marítimas e portuárias no Senegal. A ANAM é responsável por aplicar as convenções internacionais relacionadas à segurança marítima, à prevenção da poluição por navios e à proteção do meio marinho. Ela também assegura a execução de vários instrumentos da Organização Marítima Internacional (OMI), como a Convenção MARPOL, que trata da prevenção da poluição causada por navios, e a Convenção de Londres, que regula a imersão de resíduos no mar.

Além disso, a agência realiza a vigilância de navios que transportam produtos perigosos, gerencia os derramamentos acidentais de hidrocarbonetos e coordena suas ações com o Porto Autônomo de Dakar para reforçar a segurança ambiental das operações marítimas.

3. O Código da Marinha Mercante

O Código da Marinha Mercante do Senegal está atualmente em processo de revisão para incorporar novas exigências internacionais relativas à segurança marítima, à proteção ambiental e à competitividade do setor.

Essa reforma tem como objetivos principais fortalecer os mecanismos de controle das emissões poluentes dos navios, promover o uso de combustíveis menos poluentes e garantir o cumprimento das normas internacionais da OMI.

Além disso, o novo código pretende incluir medidas para a gestão sustentável dos resíduos portuários e marítimos e para a melhoria da segurança dos trabalhadores e das populações costeiras. Essa revisão reflete a vontade do Senegal de adaptar sua legislação aos desafios contemporâneos do transporte marítimo sustentável e da transição ecológica.

4. Estudos de Impacto Ambiental E Social (EIAS)

De acordo com o Código do Meio Ambiente, qualquer atividade que possa causar impactos significativos sobre o meio marinho ou costeiro — como a construção ou ampliação de infraestruturas portuárias — deve ser submetida a um Estudo de Impacto Ambiental e Social (EIAS). Esses estudos permitem avaliar a qualidade do ar e da água, o nível de ruído, a poluição gerada pelo tráfego portuário e os efeitos sobre a fauna marinha, as pescas e os manguezais. Eles também analisam os impactos socioeconômicos sobre as comunidades locais, incluindo questões de emprego, deslocamento de populações e saúde pública.

O Porto Autônomo de Dakar, por exemplo, já realizou diversos EIAS durante o processo de ampliação do terminal de contêineres e no desenvolvimento do porto de águas profundas de Ndayane.

5. Os compromissos internacionais do Senegal

O Senegal é signatário de várias convenções internacionais voltadas para a proteção do meio marinho e a redução da poluição causada pelo transporte marítimo. Entre elas destacam-se: a Convenção MARPOL (1973/1978), sobre a prevenção da poluição por navios; a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), que define as obrigações dos Estados costeiros em matéria de proteção ambiental; a Convenção de Londres (1972), relativa à imersão de resíduos no mar; e a Convenção da Basileia (1989), sobre o controle dos movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos.

Além disso, o Senegal participa de acordos regionais da CEDEAO e da UEMOA, voltados à gestão sustentável do litoral e à prevenção

da poluição marítima acidental. Esses instrumentos fortalecem a cooperação internacional e regional em matéria de segurança marítima e sustentabilidade ambiental.

6. A dimensão social do transporte marítimo

O transporte marítimo também gera impactos sociais relevantes. Entre eles estão a pressão sobre as zonas costeiras, o deslocamento de comunidades, os riscos sanitários, a precariedade das condições de trabalho dos portuários e as desigualdades na distribuição dos benefícios econômicos. O governo senegalês, por meio do Ministério das Pescas, das Infraestruturas e dos Transportes Marítimos, trabalha para melhorar as condições de trabalho no setor portuário, promover a formação profissional marítima e incentivar uma governança mais inclusiva dos espaços costeiros.

Além disso, políticas nacionais como o Plano Senegal Emergente (PSE) e a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (SNDD) reconhecem a importância de um crescimento azul inclusivo, que concilie o desenvolvimento econômico com a proteção dos ecossistemas marinhos e a justiça social.

Metodologia de pesquisa

A análise dos impactos ambientais e sociais do transporte marítimo no Senegal será realizada por meio de uma pesquisa documental aprofundada. Essa abordagem metodológica permitirá coletar, organizar e interpretar dados confiáveis provenientes de fontes variadas, a fim de elaborar um diagnóstico rigoroso e completo do setor marítimo nacional.

As informações utilizadas provêm de diversos tipos de fontes:

- **Documentos institucionais nacionais:** relatórios da Agência Nacional dos Assuntos Marítimos (ANAM), publicações do Porto Autônomo de Dakar (PAD) e documentos oriundos dos Ministérios do Meio Ambiente e dos Transportes (APS Senegal, 2025). Essas fontes fornecem dados oficiais sobre regulamentação, gestão portuária e ações de proteção ambiental.
- **Documentos internacionais:** relatórios e diretrizes da Organização Marítima Internacional (OMI), do Banco Mundial, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e da Conferência das Nações

Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (CNUCED) (MIGA, 2024). Esses documentos oferecem um quadro de referência global e permitem situar o Senegal em um contexto comparativo internacional.

- **Estudos de caso locais:** avaliações ambientais e sociais de projetos portuários como o Porto de Ndayane, que ilustram a aplicação das normas ambientais e sociais no contexto senegalês (MIGA, 2024).
- **Literatura científica:** artigos, teses e dissertações sobre transporte marítimo, sustentabilidade ambiental e impactos sociais, que complementam os dados institucionais com análises teóricas e empíricas (Le Monde, 2024; AllAfrica, 2025).

A metodologia adotada compreenderá quatro etapas principais:

- Identificação das fontes relevantes por meio de palavras-chave específicas, como “transporte marítimo Senegal”, “impactos ambientais”, “biodiversidade marinha” e “desenvolvimento sustentável”.
- Seleção crítica dos documentos em função da sua confiabilidade, pertinência e atualidade.
- Classificação temática das informações segundo dois eixos: impactos ambientais (poluição, emissões de gases, resíduos, biodiversidade) e impactos sociais (emprego, saúde, segurança e condições de vida das populações ribeirinhas).
- Análise e síntese dos dados para produzir um diagnóstico estruturado e preciso, destacando os pontos fortes e as limitações das ações realizadas.

Para reduzir os impactos ambientais e sociais do transporte marítimo, o Senegal desenvolveu diversas iniciativas:

- Estratégia portuária nacional: criação de comitês técnicos para a segurança marítima e a proteção ambiental, acompanhada pelo desenvolvimento logístico e pela inovação tecnológica. Essas medidas contribuíram para melhorar a segurança e a fluidez dos fluxos logísticos (AllAfrica, 2025; APS Senegal, 2025).
- Planos de Gestão Ambiental e Social (PGES): aplicados a projetos de infraestrutura portuária, esses planos visam limitar

os impactos sobre o meio ambiente e as populações locais, com ações de monitoramento e capacitação (MIGA, 2024).

- Responsabilidade Social Empresarial (RSE) no Porto Autônomo de Dakar: adoção da norma ISO 26000 e implementação de ações sociais em benefício das comunidades locais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e para a coesão social (Port Dakar, 2025; Facebook PAD, 2025).
- Combate à pesca ilegal: reforço dos controles e implementação de sanções para preservar os estoques pesqueiros e a biodiversidade marinha (Le Monde, 2024).
- Reciclagem e valorização de resíduos plásticos: instalação de micro fábricas que transformam resíduos plásticos em blocos e móveis, reduzindo assim a poluição e gerando empregos locais (Le Monde, 2024).

O transporte marítimo no Senegal tem registado progressos importantes nos últimos anos. O país investiu no desenvolvimento e modernização dos seus portos, nomeadamente em Dakar, Ndayane e Ziguinchor, para receber navios maiores e facilitar o comércio internacional. Também, foram criados terminais especializados para conteiner, carga a granel e passageiros. Estes investimentos contribuíram para a criação de numerosos empregos, tanto diretos, como estivadores e operadores portuários, quanto indiretos, em serviços logísticos e transporte terrestre, dinamizando a economia local.

No plano ambiental, foram lançadas iniciativas para reduzir as emissões poluentes e descarbonizar as atividades portuárias. Antes da construção de novas infraestruturas, realizam-se estudos de impacto ambiental e social para minimizar os efeitos negativos sobre os ecossistemas. Paralelamente, a governança marítima melhorou através da conformidade com padrões internacionais e da formação dos atores portuários em práticas sustentáveis.

Apesar destes avanços, o setor marítimo senegalês enfrenta vários desafios. As atividades portuárias e a circulação de navios causam poluição do ar e da água, erosão costeira e destruição de habitats marinhos sensíveis. As comunidades locais também sofrem impactos sociais, como deslocamento de populações e redução das áreas de pesca, afetando seus rendimentos. As infraestruturas nem sempre suportam o tráfego crescente e a sua manutenção continua a ser um desafio técnico importante. Por fim, a implementação de normas ambientais e sociais é complexa e requer

financiamento para projetos sustentáveis, adoção de tecnologias limpas e melhor coordenação entre atores públicos, privados e comunidades locais.

Referências

- Agência Nacional dos Assuntos Marítimos (ANAM). (2025). **Apresentação de l'ANAM.** Dakar: ANAM,10\06\2025.
- AllAfrica. (2025). **Rumo a uma estratégia nacional portuária para reposicionar o Senegal no comércio marítimo mundial.** Dakar: AllAfrica, p. 1-5. Consulté sur <https://fr.allafrica.com/stories/202507220219.html>. Article en ligne
- ANSD – Agência Nacional de Estatística e Demografia. (2019; 2021). **Relatório anual sobre o meio ambiente urbano em Dakar.** Dakar: ANSD, 62 p.
- APS Senegal. (2025). **Estratégia nacional portuária para o Senegal.** Dakar: APS Sénégala. Article en ligne, p. 1–4.
- Bacigalupi, P. (2015). **The Windup Girl.** New York: Start Publishing LLC, 464 p.
- Ballard, J. G. (1962). **The Drowned World. London:** Victor Gollancz Ltd, 1962, 175 p.
- Banco Mundial (World Bank). (2019). **Senegal Coastal and Marine Ecosystem Sustainability Project.** Washington, D.C.: World Bank, 75 p.
- Callenbach, E. (1990). **Ecotopia: The Notebooks and Reports of William Weston** (16. éd.). New York: Bantam Books, 180 p.
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. (2018; 2020). **Relatório sobre a pesca artesanal e a sustentabilidade marinha na África Ocidental.** Rome: FAO, 98 p.
- Facebook PAD. (2025). **O Porto Autônomo de Dakar lança sua iniciativa de RSE.** Publication en ligne, pp. 1–2.
- Governo do Senegal. (1996). **Lei-Quadro sobre o Meio Ambiente.** Dakar: Governo do Senegal, 88 p.
- Greenpeace África. (2021). **Relatório sobre a pesca artesanal e a industrialização do litoral senegalês.** Dakar: Greenpeace África, 54 p.
- IMO – International Maritime Organization. (2020). **Fourth IMO**

GHG Study 2020 – Greenhouse Gas Emissions from Ships 2012–2018. London: IMO Publishing, 150 p.

Le Monde. (2024, 27 mai). **Au Sénégal, les nouvelles autorités face au fléau de la pêche illégale.** Paris: Le Monde. Article en ligne, pp. 1–3.

Le Monde. (2024, 12 nov). **Au Sénégal, uma microfábrica transforma resíduos plásticos em móveis e pavimentos.** Paris: Le Monde. Article en ligne, pp. 1–2.

Mandel, E. S. J. (2010). **Station Eleven.** New York: Knopf Publishing, 352 p.

MIGA – Multilateral Investment Guarantee Agency. (2024). **Relatório final de avaliação ambiental e social – Autoestrada Diass-Thiès-Mbour.** Washington, D.C.: Banco Mundial/MIGA, 120 p.

OMS – Organização Mundial da Saúde. (2017). **Air Pollution and Health – Global Health Observatory Data.** Geneva: OMS, 45 p.

OMI – Organização Marítima Internacional. (2014). **Diretrizes para a gestão do ruído subaquático de navios.** Londres: IMO Publishing, 67 p.

OMI – Organização Marítima Internacional. (2022). **Convenção MARPOL:** prevenção da poluição por navios. Londres: IMO Publishing, 178 p.

OMI – Organização Marítima Internacional. (2023). **Relatório Marítimo Mundial.** Londres: IMO Publishing, 157 p.

Organização das Nações Unidas. (1972). **Convenção de Londres sobre o despejo de resíduos no mar.** Londres: ONU, 42 p.

Organização das Nações Unidas. (1982). **Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM).** Nova Iorque: ONU, 320 p.

Organização das Nações Unidas. (1989). **Convenção de Basileia sobre o controle dos movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos.** Basileia: ONU, 80 p.

Organização das Nações Unidas. (1992). **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC).** Rio de Janeiro: ONU, 68 p.

Organização das Nações Unidas. (2015). **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Nova Iorque: ONU, 91 p.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. (2023). **Relatório sobre o meio ambiente costeiro na África Ocidental.** Nairóbi: PNUMA, 112 p.

Port Autonome de Dakar (PAD). (2020). **Rapport annuel d'activités 2020.** Dakar: PAD, 72 p.

Port Dakar. (2025). **Compromisso de RSE e iniciativas sociais do Porto Autônomo de Dakar.** Dakar: Port Autonome de Dakar. Article en ligne, pp. 1–3.

Powlak, J. (1999). **Sea Change.** New York: Hyperion Books, 1999, 416 p.

República do Senegal. (1996). **Código do Meio Ambiente.** Dakar: Governo do Senegal, 124 p.

República do Senegal. (2001). **Lei n.º 2001-01 que adota o Código do Meio Ambiente.** Dakar: Governo do Senegal, 102 p.

República do Senegal. (2014). **Plano Senegal Emergente (PSE).** Dakar: Ministério da Economia e das Finanças, Governo do Senegal, 184 p.

República do Senegal. (2018). **Código da Marinha Mercante do Senegal.** Dakar: Governo do Senegal, 210 p.

Robinson, K. S. (2018). **New York 2140.** Londres: Orbit, 560 p.

Schätzing, F. (2004). **The Swarm.** London: Harper Collins Publishers, 2004, 881 p.

Stephenson, N. (1988). **Zodiac:** An Eco-Thriller. New York: Grove Press, 1988, 320 p.

Sylla, M., & Diouf, I. (2020). Desafios ambientais e sociais do crescimento portuário no Senegal. **Revista Africana de Ciências Sociais**, 14(2), pp. 45–62.

Turner, G. (1987). **The Sea and Summer.** London: Faber and Faber, 1987, 316 p.

UNCTAD – Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento. (2021). **Revisão do Transporte Marítimo 2021.** Genebra: Nações Unidas, 177 p.

Resultado do trabalho coletivo de docentes e discentes do Grupo de Pesquisa em Ambiente, Sociedade e Sustentabilidade (GPASS), vinculado ao Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS) da UNIJUÍ e da UPF, esta obra reúne estudos e reflexões que dialogam diretamente com os desafios contemporâneos da sustentabilidade, da educação ambiental e da preservação dos sistemas socioecológicos. Em um contexto marcado pelo agravamento das crises ambientais globais, das mudanças climáticas à perda da biodiversidade, das pressões sobre os recursos naturais às desigualdades sociais, o livro propõe uma leitura crítica e interdisciplinar sobre as múltiplas dimensões da relação entre sociedade e natureza. Os capítulos abordam temas diversos, como contaminação ambiental, agricultura sustentável, educação ambiental, planejamento urbano e expressões artísticas no espaço urbano, articulando diagnósticos consistentes e possibilidades concretas de transformação. Mais do que uma coletânea de pesquisas, a obra se apresenta como um espaço de diálogo entre ciência, políticas públicas e participação social, defendendo a construção de caminhos coletivos para uma transição justa rumo a sociedades mais saudáveis e sustentáveis. Um convite à reflexão, à ação e ao compromisso com o futuro comum.

ISBN 978-656135205-5



9 786561

352055


EDITORAS
ILUSTRAÇÃO