

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

LUANA INADA SOUZA SANTOS

**DESAFIOS DAS AGROINDÚSTRIAS BRASILEIRAS
NA ADOÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA
PEGADA HÍDRICA BASEADA NA NORMA ISO 14046**

TUPÃ – SP

2026

LUANA INADA SOUZA SANTOS

**DESAFIOS DAS AGROINDÚSTRIAS BRASILEIRAS
NA ADOÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA
PEGADA HÍDRICA BASEADA NA NORMA ISO 14046**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Tupã, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento.

Linha de pesquisa: Inovação e Eficiência

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Guilherme Satolo

Coorientadores: Prof. Dr. Wagner Luiz Lourenzani
Prof. Dr. Daniel Luis Garrido Monaro

TUPÃ – SP

2026

Santos, Luana Inada Souza

S237d Desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046 / Luana Inada Souza Santos.

-- Tupã, 2026

111 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã

Orientador: Eduardo Guilherme Satolo

Coorientadores: Wagner Luiz Lourenzani; Daniel Luis Garrido Monaro

1. Agroindústria. 2. Sustentabilidade. 3. Água. 4. Normas técnicas. 5. Métodos. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

Esta pesquisa contribui para a gestão estratégica da pegada hídrica em agroindústrias ao identificar e priorizar desafios à implementação da ISO 14046. Os resultados subsidiam decisões empresariais e políticas públicas, fortalecendo a sustentabilidade hídrica e o alinhamento aos ODS e ao nexo Água-Energia-Alimento.

Potential impact of this research

This research supports strategic water footprint management in agribusiness by identifying and prioritizing challenges to ISO 14046 implementation. The findings inform corporate decisions and public policies, strengthening water sustainability and alignment with the SDGs and the Water-Energy-Food nexus.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046

AUTORA: LUANA INADA SOUZA SANTOS

ORIENTADOR: EDUARDO GUILHERME SATOLO COORIENTADOR: WAGNER LUIZ LOURENZANI

COORIENTADOR: DANIEL LUIS GARRIDO MONARO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências, pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO GUILHERME SATOLO**
Data: 05/03/2026 09:22:30-0300
Verifique em <https://validar.i6.gov.br>

Prof. Dr. EDUARDO GUILHERME SATOLO (Participação Virtual)
Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / UNESP / Câmpus de Tupã - FCE

Documento assinado digitalmente
 **ANGELICA GOIS MORALES**
Data: 05/03/2026 00:24:51-0300
Verifique em <https://validar.i6.gov.br>

Profa. Dra. ANGELICA GOIS MORALES (Participação Virtual)
Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / UNESP / Câmpus de Tupã - FCE

Documento assinado digitalmente
 **ALFREDO AKIRA OHNUMA JÚNIOR**
Data: 05/03/2026 20:52:16-0300
Verifique em <https://validar.i6.gov.br>

Prof. Dr. ALFREDO AKIRA OHNUMA JÚNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Eng. Sanitária e Meio Ambiente / Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Tupã, 03 de março de 2026.

Ao Senhor, fonte de Água Viva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, de quem tudo procede e por cuja providência esta trajetória foi sustentada.

À minha família, pelo apoio constante durante o desenvolvimento da pesquisa e por oferecerem o alicerce afetivo que tornou possível esta conquista.

Ao meu namorado, Bruce, pelo incentivo à vida acadêmica e intelectual, pelo companheirismo e por caminhar comigo em cada etapa desta jornada.

Ao professor e orientador Dr. Eduardo Guilherme Satolo, pela condução atenta da pesquisa, pela parceria em projetos e pela dedicação à minha formação como pesquisadora e como pessoa.

Aos professores e coorientadores Dr. Wagner Luiz Lourenzani e Dr. Daniel Luis Garrido Monaro pelo acompanhamento da pesquisa e pelos apontamentos importantes para o melhor desenvolvimento dela.

Aos professores Dra. Angélica Góis Morales e Dr. Alfredo Akira Ohnuma Junior por participarem da banca da defesa da minha dissertação, contribuindo com a experiência acadêmica que possibilita que a pesquisa alcance seu potencial ao máximo.

Aos professores do PGAD, que contribuíram para minha formação e reforçaram a importância de uma visão de totalidade voltada ao bem comum.

Aos funcionários da universidade pelo melhor funcionamento da instituição.

Aos amigos e colegas, que compartilharam comigo os desafios e as alegrias desta caminhada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Como é que alguém ia poder ser dono da água? Está sempre correndo num fluxo, nunca a mesma, que no fluxo da vida traçamos. Porque a vida é um fluxo.”

(James Joyce)

SANTOS, Luana Inada Souza. Desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046. 2026. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2026.

RESUMO

A pressão sobre os recursos hídricos tem ampliado a necessidade de instrumentos capazes de orientar a gestão sustentável da água no setor agroindustrial. Nesse contexto, a pegada hídrica, normatizada pela ISO 14046 e baseada na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), destaca-se como ferramenta estratégica para gestão hídrica, embora sua implementação prática ainda enfrente obstáculos significativos. Esta pesquisa analisa os principais desafios à aplicação da ISO 14046 em agroindústrias por meio de dois estudos integrados. O primeiro realiza uma análise de conteúdo da literatura científica, identificando barreiras metodológicas, técnicas e organizacionais, como a ausência de padronização de indicadores, dificuldades na obtenção de dados confiáveis, divergências metodológicas, baixa capacitação técnica e resistência organizacional. O segundo estudo aprofunda essa análise a partir da percepção de especialistas, utilizando o método *Fuzzy TOPSIS Class* para classificar os desafios com base em critérios de criticidade, conhecimento dos gestores e presença na prática organizacional. Os resultados indicam que a efetividade da ISO 14046 é limitada não apenas por questões técnicas, como também pela falta de integração com o planejamento estratégico das agroindústrias e com abordagens sistêmicas, como onexo Água-Energia-Alimento e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente o ODS 6.4. Conclui-se que a consolidação da norma requer investimentos em capacitação, melhoria da infraestrutura de dados e fortalecimento de uma cultura organizacional orientada à sustentabilidade hídrica.

Palavras-chave: Agroindústria; Sustentabilidade; Água; Normas técnicas; Métodos.

SANTOS, Luana Inada Souza. Challenges faced by Brazilian agribusiness industries in adopting the principles of water footprint management based on the ISO 14046 standard. 2026. 111 p. Dissertation (Master of Agribusiness and Development) – São Paulo State University (UNESP), School of Sciences and Engineering, Tupã, 2026.

ABSTRACT

Pressure on water resources has increased the need for instruments capable of guiding sustainable water management in the agro-industrial sector. In this context, the water footprint, standardized by ISO 14046 and based on Life Cycle Assessment (LCA), stands out as a strategic tool for water management, although its practical implementation still faces significant obstacles. This research analyzes the main challenges to the application of ISO 14046 in agro-industries through two integrated studies. The first conducts a content analysis of scientific literature, identifying methodological, technical, and organizational barriers such as the lack of indicator standardization, difficulties in obtaining reliable data, methodological divergences, limited technical capacity, and organizational resistance. The second study deepens this analysis from the perspective of experts, using the Fuzzy TOPSIS Class method to classify challenges based on criteria of criticality, managers' knowledge and presence in organizational practice. The results indicate that the effectiveness of ISO 14046 is limited not only by technical issues, but also by the lack of integration with agro-industrial strategic planning and with systemic approaches such as the Water-Energy-Food nexus and the Sustainable Development Goals, particularly SDG 6.4. It is concluded that the consolidation of the standard requires investments in capacity building, improvement of data infrastructure, and the strengthening of an organizational culture oriented toward water sustainability.

Keywords: Agroindustry; Sustainability; Water; Technical standards; Methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escopo da pesquisa da dissertação	22
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos utilizados no projeto de pesquisa alinhados aos objetivos específicos...	19
Quadro 2 – Desafios na gestão hídrica encontrados na análise de conteúdo	40
Quadro 3 – Critérios de avaliação	65
Quadro 4 – Níveis de critérios.....	65
Quadro 5 – Desafios da implantação da pegada hídrica conforme ISO 14046	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores fuzzy dos critérios de avaliação dos desafios.....	66
Tabela 2 – Classificação dos especialistas.....	69
Tabela 3 – Informações dos especialistas	69
Tabela 4 – Pesos dos critérios em diferentes cenários	71
Tabela 5 – Matriz agregada de decisão.....	73
Tabela 6 – Matriz agregada de decisão normalizada e ponderada	73
Tabela 7 – Classes Normalizadas e Ponderadas (TFN).....	74
Tabela 8 – Solução ideal positiva e negativa para a classe "Ótima"	74
Tabela 9 – Solução ideal positiva e negativa para a classe "Regular"	74
Tabela 10 – Solução ideal positiva e negativa para a classe "Inaceitável"	75
Tabela 11 – Distâncias positiva e negativa da classe "Ótima"	75
Tabela 12 – Distâncias positiva e negativa da classe "Regular"	75
Tabela 13 – Distâncias positiva e negativa da classe "Inaceitável"	76
Tabela 14 – Classificação final.....	77
Tabela 15 – Análise de sensibilidade dos pesos dos critérios.....	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Introdução e justificativa	13
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivo geral	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 Método de pesquisa	19
1.4 Abordagem epistemológica e inserção interdisciplinar.....	22
1.5 Estrutura da pesquisa	25
CAPÍTULO 1 – ARTIGO 1	27
DIFICULDADES E LIMITAÇÕES NA IMPLEMENTAÇÃO DA ISO 14046 NA AGROINDÚSTRIA: UM ESTUDO QUALITATIVO	28
Introdução	29
Fundamentação Teórica	30
Materiais e Métodos	35
Resultados e Discussão	38
Referências	48
CAPÍTULO 2 – ARTIGO 2	52
GESTÃO DA PEGADA HÍDRICA NA AGROINDÚSTRIA: ANÁLISE MULTICRITÉRIO COM FUZZY TOPSIS CLASS APLICADA À ISO 14046	53
Introdução	54
Fundamentação conceitual	57
Histórico	57
ISO 14046, Nexo <i>WEF</i> e ODSs	59
Método Multicritério.....	61
Desafios da gestão hídrica conforme a literatura	63
Materiais e Métodos	65
Resultados e Discussão	73
Conclusão	85
Referências	86
CAPÍTULO 3 – DISCUSSÃO DOS ARTIGOS.....	90
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO	98
REFERÊNCIAS (DISSERTAÇÃO)	101
ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA	108
ANEXO 2 – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO	111

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução e justificativa

A agricultura consiste no cultivo da terra e uso de recursos naturais para a produção de alimentos, fibras, madeira e produtos animais, os quais são matérias-primas transformadas para atender às demandas da população (Venturi, 2006). Segundo Venturi (2006), recurso natural é qualquer elemento ou aspecto da natureza que, em determinado contexto histórico e espacial, esteja em demanda e seja passível de uso direto ou indireto para satisfazer necessidades físicas e culturais humanas, constituindo uma construção social situada na interface entre processos naturais e sociais, e não um dado puramente natural.

Para Sparemburger (2010), diante dos avanços tecnológicos, a agricultura tem se tornado um sistema complexo, envolvendo-se numa cadeia de segmentos interligados entre si, onde existem inúmeros serviços, maquinários e insumos vindos de fora das propriedades rurais. Envolve também armazéns e outras infraestruturas, como transporte e logística, agroindústrias, atacado e varejo, mercado externo. Esta complexidade gerou a proposição de novos conceitos e definições, como a evolução para o termo agronegócio.

O agronegócio é a convergência dos termos “agricultura” e “negócio”, onde o termo “negócio” vem do latim *negotium*, que significa trabalho voltado para atender necessidades ou desejos, com ou sem retorno. O agronegócio caracteriza-se por atividades econômicas relacionadas à agropecuária, envolvendo trabalho e capital. Devido à expansão das cidades, o local de produção se distanciou do local de consumo, ocasionando o desenvolvimento de atividades de transporte, processamento e armazenamento de produtos agrícolas (Sparemburger, 2010).

O agronegócio é dividido em quatro agregados: (i) insumos, (ii) agricultura, (iii) indústria e (iv) serviços. Insumos correspondem a sementes, mudas, agroquímicos, combustíveis, serviços financeiros e todos os bens e atividades que possibilitam a produção agrícola. Agricultura envolve a produção vegetal, animal e extrativa com o objetivo de produzir alimentos, fibras e matérias-primas para diferentes indústrias. Agroindústria abrange todos os tipos de processamento que utilizam produtos agrícolas como matéria-prima principal. Comércio, transporte, marketing e outros serviços que são adicionados aos produtos agrícolas e agroindustriais compõem o quarto agregado (Davis; Goldberg, 1957).

No contexto brasileiro, Jank, Nassar e Tachinardi (2005) destacam que o agronegócio teve três fases: a) entre 1970 e 1980 houve aumento de crédito e desenvolvimento tecnológico que ocasionaram o aumento da produção e da exportação de produtos brasileiros no exterior;

b) os anos 1990 até 1999 foram marcados pela desregulamentação dos mercados, endividamento dos produtores afetados pelo fim do crédito rural, da pouca rentabilidade dos produtos devido aos altos custos, da abertura do mercado e do controle da inflação; e c) entre 1999 e 2004 o agronegócio brasileiro foi marcado pelo aumento da competitividade, sobretudo com EUA, e aumento da oferta de produtos, como grãos, a exemplo da soja, que aumentou a produção de 85 milhões para 125 milhões de toneladas (Jank; Nassar; Tachinardi, 2005).

O Brasil é líder mundial na produção e exportação de diversos produtos agrícolas, atendendo uma demanda mundial por alimentos e matérias-primas para indústrias ao redor do mundo. O país buscou a diversificação de destinos dos seus produtos agropecuários em todo o planeta, procurando, assim, expandir e internacionalizar o seu mercado. Também usou tecnologias modernas para aumentar a produção, diminuir os custos e garantir a qualidade dos produtos (Quintam; Assunção, 2023a).

Em 2023, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro foi de R\$ 2,58 trilhões, sendo R\$ 1,86 trilhão na agricultura e R\$ 721 bilhões na pecuária, assim, a participação do setor na economia foi de 23,8% (CEPEA; CNA, 2024).

Antes das preocupações com a sustentabilidade, trazidas após a geração do termo pela norueguesa Gro Brundtland no Relatório “Nosso Futuro Comum” (1987), o maior impulso dos empreendimentos rurais era o lucro, independentemente de como estão localizados na cadeia produtiva, impulsionando a busca por aprimoramento técnico para alcançar alta lucratividade (WCED, 1987). Na atualidade, a preocupação do consumidor com o meio ambiente e com as condições sociais dos produtores tornou-se um requisito para a cadeia produtiva rural, atingindo diversas partes interessadas (Zuin; Queiroz, 2015).

As preocupações socioambientais exercem influência nas relações comerciais do Brasil com outros países. Sendo um dos maiores produtores e exportadores de alimentos, o Brasil enfrenta pressão e exigência ligadas à sustentabilidade e à proteção da Amazônia contra o desmatamento, entre outros aspectos. Conforme enfatizam Quintam e Assunção (2023b), questões ambientais e sociais afetam negociações comerciais, influenciando acordos, impondo restrições e condicionando o acesso a certos mercados.

A indústria, a agricultura e a geração de energia, que consomem elevado volume de água, estão crescendo para atender às necessidades de uma população em expansão. A Terra sofre muita pressão e os ecossistemas que fornecem água estão desaparecendo. Além disso, as mudanças climáticas tornam a água potável mais escassa e seu fornecimento instável, além de provocarem eventos que desalojam milhões de pessoas (UN-Water, 2021).

As projeções indicam que a demanda global por água aumentará consideravelmente, pressionando a agricultura a utilizar a água disponível de forma mais eficiente, a fim de alimentar uma população crescente (Gruère; Shigemitsu; Crawford, 2020).

Ao mesmo tempo, a agricultura é responsabilizada pelos riscos hídricos e por impactar negativamente o meio ambiente, os recursos hídricos e os ecossistemas. A agricultura continua a ser o maior utilizador de água e contabilizou, em 2020, cerca de 70% da demanda global total por água doce (Gruère; Shigemitsu; Crawford, 2020). Em 2022, no Brasil, a agricultura irrigada alcançou 50,5% do consumo de água no país (ANA, 2024).

A disponibilidade de água doce varia entre diferentes partes do mundo. Assim, o uso e a gestão da água também variam entre países e continentes. A gestão de água, até então, foi baseada em dados históricos sem considerar as mudanças climáticas (Storli; Lundström, 2019).

Gerenciar a água e o saneamento é uma solução essencial para enfrentar os principais desafios globais urgentes, como mudanças climáticas, energia limpa e acessível, perda de biodiversidade, insegurança alimentar, pandemias e epidemias de doenças, desastres causados por perigos naturais, conflitos, pobreza extrema e desigualdade de gênero (UN-Water, 2023).

Existe preocupação e discussão em diferentes setores da sociedade sobre as questões referentes aos recursos hídricos e a ONU estima aumento na demanda mundial por água em 50% até 2030. Dois terços da população mundial têm pouco acesso à água, enquanto cerca de 550 milhões de pessoas usam os recursos hídricos além da capacidade de disponibilidade (Silva *et al.*, 2018).

No contexto brasileiro, devido à diversidade de características das regiões do país nos quesitos de distribuição e consumo de água e pelo fato de envolver múltiplos atores, é um desafio que a gestão da água seja descentralizada, participativa, focada na segurança hídrica e no bem-estar humano e ambiental. Diante de cenários marcados por incertezas hidrológicas, pressões econômicas e conflitos pelo uso da água, torna-se essencial que as decisões sejam baseadas em evidências científicas e estudos técnicos, de modo a orientar políticas públicas e estratégias de gestão mais eficazes (ANA, 2024).

Nesse contexto de crescente complexidade na governança dos recursos hídricos, observa-se um movimento internacional de fortalecimento de agendas globais voltadas à sustentabilidade e à segurança hídrica. Entre essas iniciativas, destaca-se a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, elaborada em setembro de 2015 pelos 193 Estados-membros da Assembleia Geral das Nações Unidas, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável de forma integrada e erradicar todas as formas de pobreza (ONU, 2015). Essa agenda estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que buscam orientar

políticas públicas, decisões organizacionais e ações da sociedade em direção ao uso responsável dos recursos naturais, incluindo a água como elemento essencial para o bem-estar humano, a produção de alimentos e a manutenção dos ecossistemas.

A Agenda 2030 estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas globais, relacionadas a resultados de desenvolvimento e meios de implementação, para o período de 2015 a 2030. Eles foram projetados para serem integrados e indivisíveis e para equilibrar as dimensões social, econômica e ambiental do desenvolvimento sustentável (ONU, 2015).

Dentre os objetivos, esta pesquisa está alinhada com o ODS 6 que trata de água e saneamento, que inclui oito metas globais sobre a água potável. No entanto, cada governo deve decidir como incorporá-las aos processos, políticas e estratégias nacionais de planejamento com base nas realidades, capacidades, níveis de desenvolvimento e prioridades nacionais (ONU, 2015).

As metas abrangem todo o ciclo da água: fornecimento de água potável (meta 6.1) e serviços de saneamento e higiene (6.2), tratamento e reutilização de águas residuais e qualidade da água ambiente (6.3), eficiência e escassez no uso da água (6.4), Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), incluindo por meio de cooperação transfronteiriça (6.5), proteção e restauração de ecossistemas relacionados à água (6.6), cooperação internacional e capacitação (6.a) e participação na gestão de água e saneamento (6.b). Os ODS conectam a gestão da água com o desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que são reconhecidos os problemas substanciais de gestão, sociais, econômicos e políticos associados ao foco simultâneo em ambos os objetivos (Mujtaba *et al.*, 2024; ONU, 2015).

O ODS 6 consiste em assegurar a disponibilidade de água e sua gestão sustentável e o saneamento para todas as pessoas. A Agenda 2030 gerou grandes expectativas no Brasil quanto à possibilidade de melhorias no saneamento básico, na distribuição e na gestão dos recursos hídricos (IPEA, 2024).

A meta 6.4 busca aumentar a eficiência do uso da água em todos os setores, enfrentar a escassez de água e diminuir a quantidade de pessoas que sofrem com ela, por meio da distribuição sustentável da água (IPEA, 2024).

Cerca de 80% da produção adicional de alimentos futuramente demandada deverá ser proveniente de áreas irrigadas. Como a irrigação é uma grande usuária de recursos hídricos, será crucial gerar conhecimento que contribua para aumentar a eficiência do uso da água na irrigação, diminuir perdas, melhorar o manejo dos sistemas, gerenciar a demanda e desenvolver culturas resistentes ao estresse hídrico (Rodrigues, 2022).

O Brasil tem elevada oferta hídrica, mas com oferta e demanda distribuídas pelo país de forma desigual, onde existem regiões com pouca oferta de água e alta demanda, enquanto outras oferecem muita água, mas têm pouca demanda (Silva *et al.*, 2018).

No território brasileiro, 84,9% da população brasileira tem acesso a água tratada; o restante da população, que corresponde a 33 milhões de brasileiros, não tem acesso ao serviço. O consumo médio diário de água potável por brasileiro é de 148,2 litros, e as perdas durante a distribuição de água para o consumo, na média nacional, são de 37,8% (SNIS, 2023).

O Brasil, apesar de alguns avanços positivos, enfrenta dificuldades para alcançar as metas do ODS 6, devido à pouca integração entre as políticas e instrumentos relacionados ao saneamento básico e aos recursos hídricos, aliadas a ações relacionadas ao meio ambiente, habitação, saúde e desenvolvimento sustentável das áreas urbanas. Isso é agravado com as limitações da administração e do financiamento municipais (IPEA, 2024).

O que pode contribuir para o melhor gerenciamento de água potável é a avaliação da pegada hídrica. A pegada hídrica é uma ferramenta analítica que auxilia o entendimento de como as atividades e produtos se relacionam com a escassez de água, sua poluição, seus impactos relacionados e, finalmente, o que pode ser feito para garantir que as atividades e produtos não contribuam para o uso insustentável de água doce (Sturla; Ciulla; Rocchi, 2024).

A soma da pegada hídrica do agronegócio para 189 países e o resto do mundo, em 2015, foi de cerca de 151 trilhões de metros cúbicos, dos quais 83% era pegada hídrica verde (águas oriundas das chuvas), 14% azul (águas de efluentes superficiais e subterrâneos) e 3% cinza (águas utilizadas para dissolver poluentes). O agregado da agricultura foi o principal usuário de água, com 83,49% do total, seguido por insumos com 14,23%, a indústria com 2,26% e os serviços com 0,01% (Sesso Filho *et al.*, 2024). O Brasil está entre os países com maior disponibilidade de água doce do mundo (Castro, 2022), mas também figura entre os maiores consumidores globais desse recurso, onde a agricultura é o principal setor demandante (UN-Water, 2018; Silva; Pereira, 2019).

De acordo com Montoya (2020), os recursos hídricos contribuem de forma permanente com a economia brasileira, visto que a água é usada para consumo humano, na criação vegetal e animal, na produção alimentícia, em insumos industriais, na geração de eletricidade, transporte, atividades de lazer ou descarte de dejetos domésticos e industriais. Sua pesquisa avalia que a pegada hídrica é importante devido às incertezas ambientais relacionadas à pouca oferta de água doce e a crescente demanda no sistema econômico. Para ele, o desenvolvimento sustentável é desafiado pela expansão da economia e pelo aumento da população, as quais ocasionam mais necessidade por recursos hídricos.

Em outro trabalho, os autores Montoya e Finamore (2020), também indicam que as atividades agropecuárias estão associadas à escassez de água em razão da gestão inadequada dos recursos hídricos, agressão ao meio ambiente e falta de esclarecimento sobre a quantidade de água utilizada e consumida na agropecuária e no sistema econômico.

Conforme Forin *et al.* (2020a), a ISO 14046 detalha os dados que devem ser coletados para a realização de um estudo de pegada hídrica: as quantidades de uso de água e a qualidade da água; uso de água; localização do uso de água, a qual determina indicadores ambientais relacionados à área onde o uso de água ocorre; mudanças sazonais na quantidade e qualidade da água; emissões para o ar, água e solo que impactam a qualidade da água e quaisquer outros dados necessários pelo método de avaliação de impacto da pegada hídrica aplicado.

Esse cenário evidencia a necessidade de promover o uso consciente da água, contribuindo para o alcance da meta 6.4 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Nesse contexto, a pegada hídrica, normatizada pela ISO 14046, constitui um instrumento para apoiar a gestão hídrica no setor agroindustrial. Assim, esta pesquisa apresenta o seguinte problema: quais são os desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046?

Então, a pesquisa justifica-se por contribuir com a materialização dos objetivos da meta 6.4 por meio da geração de conhecimento técnico e institucional sobre os desafios enfrentados pelas agroindústrias brasileiras na adoção de sistemas de mensuração e gestão da água. Estudos como os de Sturla, Ciulla e Rocchi (2024) apontaram que a pegada hídrica fornece uma abordagem robusta e multidimensional para identificar oportunidades de redução do consumo e da poluição hídrica ao longo da cadeia produtiva. Assim, investigar a aplicação prática dessa metodologia na agroindústria é essencial para apoiar políticas públicas, inovação tecnológica e certificações sustentáveis que alinhem a competitividade econômica aos compromissos socioambientais assumidos pelo Brasil.

Além disso, o Brasil, como grande exportador de alimentos, encontra-se em posição geopolítica estratégica, sendo pressionado pelos mercados internacionais a demonstrar rastreabilidade e responsabilidade ambiental em sua produção (Quintam; Assunção, 2023b). A ISO 14046 pode funcionar como um instrumento de validação dessas práticas, promovendo não apenas o cumprimento da meta 6.4, mas também fortalecendo o posicionamento brasileiro em cadeias globais de valor. Portanto, a pesquisa se justifica pela relevância técnica, estratégica e ética de mapear os entraves e potencialidades dessa normatização, contribuindo para uma transição sustentável no uso da água no setor agroindustrial.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Considerando o problema de pesquisa, este trabalho apresenta como objetivo geral analisar os desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos quatro objetivos específicos: (i) identificar os princípios que norteiam a pegada hídrica a partir da ISO 14046; (ii) classificar as variáveis de gestão da pegada hídrica para o agronegócio; (iii) levantar como as variáveis da pegada hídrica estão aplicadas junto às instituições do agronegócio brasileiro e seus desafios; (iv) classificar as variáveis da pegada hídrica que norteiam as instituições do agronegócio brasileiro.

1.3 Método de pesquisa

Os objetivos específicos da pesquisa foram desenvolvidos em quatro etapas sequenciais, sendo que uma corresponde a um objetivo específico, e retorna uma saída que possibilita o desenvolvimento da etapa seguinte. O Quadro 1 apresenta os métodos de pesquisa utilizados para cumprir os objetivos específicos da pesquisa.

Quadro 1 – Métodos utilizados no projeto de pesquisa alinhados aos objetivos específicos

Objetivo Específico	Método	Saída
Identificar os princípios que norteiam a pegada hídrica a partir da ISO 14046	Revisão de literatura (Fundamentação conceitual)	Oportunidades, desafios e benefícios
Classificar as variáveis de gestão da pegada hídrica ao agronegócio	Análise de Conteúdo (Elo; Kyngäs, 2008)	Protocolo de Pesquisa
Levantar como as variáveis da pegada hídrica estão aplicadas às instituições do agronegócio brasileiro	Survey (Coleta de dados a partir de formulário)	Critérios
Categorizar as variáveis da pegada hídrica que norteiam as instituições do agronegócio brasileiro	Método Multicritério <i>Fuzzy TOPSIS Class</i>	Classificação

Fonte: A autora.

Realizou-se uma revisão de literatura conceitual para contextualizar o agronegócio no Brasil e no mundo, além de apresentar a meta 6.4 do ODS 6, relativa à gestão sustentável da água. O estudo buscou os princípios que norteiam a pegada hídrica na ISO 14046 para, por meio deles, enumerar oportunidades, desafios e benefícios.

Em seguida, realizou-se a análise de conteúdo, que tem Elo e Kyngäs (2008) como referencial, para buscar as variáveis da gestão hídrica, com o objetivo de desenvolver o protocolo de pesquisa, o qual guia o desenvolvimento do trabalho. Os autores descrevem que a análise de conteúdo pode ter abordagem dedutiva, partindo de conteúdos previamente elaborados, como também indutiva, onde os dados para delimitar a pesquisa são coletados e categorias são criadas ao longo do processo (Elo; Kyngäs, 2008).

Com base nas variáveis obtidas a partir da análise de conteúdo, foi elaborado o protocolo de coleta de dados para execução da *survey* junto aos especialistas, pesquisadores relacionados à gestão hídrica nas agroindústrias. Neste aspecto, os especialistas indicaram, em uma escala de intensidade, sua percepção sobre os desafios, sua criticidade e o nível de preparo dos gestores quanto ao uso do recurso crítico água, a partir dos conceitos inerentes à pegada hídrica e à ISO 14046.

Os dados coletados na *survey* foram submetidos à análise multicritério por meio do método *Fuzzy TOPSIS Class*, o qual, conforme descrito por Ferreira *et al.* (2018), é uma adaptação do método *Fuzzy TOPSIS* para problemas de classificação em vez de ordenação, aplicando-se em contextos em que as alternativas precisam ser atribuídas a classes predefinidas, como níveis de risco ou categorias de desempenho. Essa abordagem considera o uso de conjuntos *fuzzy* para lidar com a incerteza e a subjetividade das avaliações, possibilitando que decisões sejam feitas com base em preferências linguísticas. Neste método, as alternativas são classificadas em uma das classes por meio do cálculo da similaridade com as soluções ideais *fuzzy* para cada classe específica. Primeiro, os decisores avaliam cada alternativa em relação aos critérios definidos, usando números *fuzzy* triangulares para representar avaliações linguísticas. Em seguida, cada classe possui suas próprias soluções ideais *fuzzy* positivas e negativas, estabelecendo limites de referência para a classificação. Então, calcula-se a distância entre cada alternativa e as soluções ideais de cada classe usando uma medida de distância apropriada, como a distância euclidiana. Em seguida, determina-se o coeficiente de similaridade entre cada alternativa e as classes, com a alternativa sendo atribuída à classe que possui o maior coeficiente de similaridade (Ferreira *et al.*, 2018).

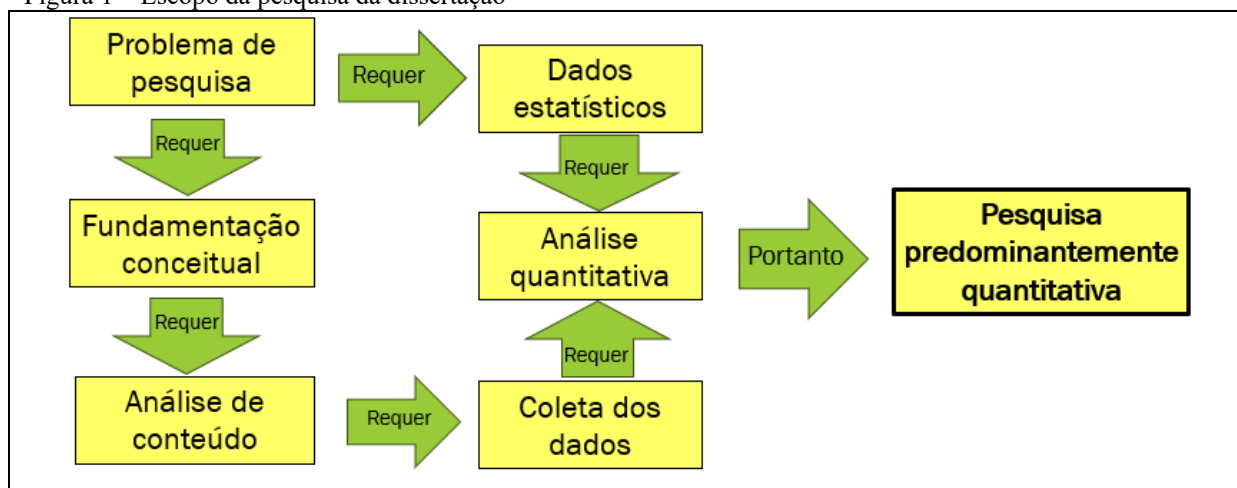
Os resultados da análise multicritério foram analisados de forma qualitativa, conforme a revisão de literatura e discutidos com os desafios da implantação da ISO 14046, encontrados em textos oriundos da revisão. A partir da discussão, foram elaboradas alternativas para lidar com os obstáculos para implantar a norma e contribuir com a gestão sustentável de recursos hídricos.

A pesquisa adota abordagem qualiquantitativa de natureza aplicada, voltada à proposição de soluções práticas para os desafios da gestão hídrica em contextos agroindustriais, à luz dos princípios estabelecidos pela ISO 14046. Trata-se de uma abordagem mista, pois conjuga a exploração de significados e categorias extraídas da literatura científica (qualitativo) com a estruturação de um modelo de apoio à decisão baseado em julgamentos de especialistas (quantitativo). Essa integração metodológica é compatível com a lógica da pesquisa em engenharia e sustentabilidade, conforme defendem Creswell e Plano Clark (2018), que ressaltam a importância da complementaridade entre métodos para problemas complexos e interdisciplinares.

Quanto aos objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva. Exploratória, por identificar e sistematizar os desafios mais frequentemente apontados na literatura científica sobre pegada hídrica e agroindústria; descritiva, ao organizar, classificar e priorizar esses desafios com base na percepção de especialistas da área. Essa delimitação segue as definições de Creswell e Plano Clark (2018), que associam o caráter exploratório à formulação inicial de problemas e o caráter descritivo à observação, registro e análise de fenômenos.

No plano técnico, a pesquisa é conduzida por dois procedimentos metodológicos principais. Primeiro, realiza-se uma análise de conteúdo indutiva, segundo o modelo de Elo e Kyngäs (2008), aplicado ao corpus da literatura científica recente sobre gestão hídrica e pegada hídrica na agroindústria. Esse modelo permite a categorização sistemática dos desafios recorrentes, respeitando os princípios da confiabilidade e da rastreabilidade analítica. Em seguida, os desafios identificados são classificados por meio da aplicação do *Fuzzy TOPSIS Class*, uma extensão do *Fuzzy TOPSIS* destinada a problemas de classificação, conforme desenvolvida por Ferreira *et al.* (2018). A escolha dessa abordagem multicritério *fuzzy* se justifica pela sua capacidade de lidar com a ambiguidade inerente aos julgamentos humanos, especialmente em contextos onde múltiplos critérios são avaliados sob incerteza. A Figura 1 mostra o escopo da pesquisa, explicitando as etapas interdependentes entre si.

Figura 1 – Escopo da pesquisa da dissertação



Fonte: A autora.

Por fim, a pesquisa assume natureza interdisciplinar, ao articular fundamentos da gestão ambiental, da análise de decisão multicritério e da sustentabilidade aplicada à agroindústria. A articulação entre essas áreas busca responder aos desafios do Nexo Água-Energia-Alimento (*WEF Nexus*), cuja complexidade exige abordagens integradas, conforme destacam Nicolescu (2008) e Japiassu (1976) ao tratarem da transdisciplinaridade e da circulação de saberes.

1.4 Abordagem epistemológica e inserção interdisciplinar

A dissertação adota uma abordagem epistemológica de natureza realista crítica, conforme desenvolvida por Bhaskar (2015), ao reconhecer que a realidade objetiva, como os sistemas de uso e gestão da água, possui estrutura e causalidades próprias, ainda que o acesso a essa realidade dependa da mediação teórica e metodológica. No contexto da gestão hídrica em agroindústrias, o realismo crítico oferece uma estrutura analítica robusta para compreender como fatores institucionais, ambientais e produtivos interagem de forma sistêmica, indo além da mera observação empírica.

Além disso, a investigação dialoga com o pragmatismo científico, sobretudo na linha de pensamento de John Dewey, ao assumir que o conhecimento científico deve estar orientado para a resolução de problemas concretos, com base em ferramentas metodológicas sensíveis à complexidade da realidade social (Dewey, 1938). Tal perspectiva justifica o uso combinado de métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa, reconhecendo que o rigor analítico deve ser acompanhado por aplicabilidade prática no contexto de tomada de decisão sustentável.

A pesquisa também recorre às contribuições de Peirce (1992), no que se refere à lógica da investigação científica e ao papel do raciocínio abduutivo na formulação de hipóteses. Para

Peirce (1992), o conhecimento é construído de forma inferencial, partindo de observações empíricas para hipóteses explicativas por meio da abdução, que antecede a dedução e a indução na dinâmica do método científico. Essa perspectiva amplia o escopo do pragmatismo adotado, ao incorporar uma lógica de descoberta orientada pela incerteza, pela dúvida e pela necessidade de interpretar sinais fragmentários da realidade, elementos presentes na análise de desafios complexos como os da sustentabilidade hídrica. Assim, a dissertação incorpora o pensamento peirciano ao considerar que o processo de construção teórica e escolha metodológica não é linear, mas guiado por inferências provisórias e contextuais, em um processo contínuo de aproximação da verdade e de refinamento dos modelos explicativos.

A análise de conteúdo segue a abordagem sistematizada por Elo e Kyngäs (2008), que propõem um modelo estruturado para a análise qualitativa de dados documentais, com foco na identificação de categorias e padrões emergentes. Essa abordagem está fundamentada na premissa de que os significados contidos nos textos científicos são construídos historicamente, e podem ser revelados por meio de um processo lógico e transparente de codificação, abstração e categorização. Assim, a análise de conteúdo é aqui compreendida como um instrumento de construção teórica e reflexiva, que permite a emergência de temas centrais a partir do acúmulo e interpretação da literatura especializada, respeitando as dimensões contextuais e institucionais do objeto estudado.

Na etapa seguinte, de natureza quantitativa, aplica-se o método *Fuzzy TOPSIS Class*, desenvolvido por Ferreira *et al.* (2018), que representa um aprimoramento do tradicional *TOPSIS fuzzy* ao incorporar um sistema de classificação estruturado com base em perfis pré-definidos. A técnica considera avaliações imprecisas e subjetivas por meio da lógica *fuzzy*, permitindo maior aderência à realidade dos julgamentos humanos em contextos incertos. O modelo classifica alternativas (neste caso, desafios de gestão hídrica) em categorias decisórias com base em sua distância relativa em relação a perfis ideais, facilitando a interpretação prática dos resultados. Essa abordagem fortalece a função instrumental do conhecimento, ao fornecer subsídios claros e aplicáveis para a priorização de ações estratégicas na gestão de recursos hídricos.

A combinação desses referenciais e técnicas revela uma postura epistemologicamente pluralista, que reconhece a impossibilidade de apreensão total da realidade por um único método ou paradigma (Morin, 2015). Tal pluralismo é coerente com o escopo interdisciplinar da pesquisa e com a natureza multifacetada dos desafios hídricos enfrentados pelas agroindústrias, que envolvem dimensões ambientais, tecnológicas, econômicas, regulatórias e

sociais. Dessa forma, a epistemologia adotada sustenta uma investigação crítica, orientada à transformação prática e fundamentada em uma abordagem científica integradora e situada.

A dissertação também se insere em um campo de investigação interdisciplinar, ao articular referenciais teóricos e metodológicos provenientes de diferentes áreas do conhecimento, tais como gestão ambiental, ciência da sustentabilidade, engenharia de produção, economia institucional e ciência de dados. Essa integração não é meramente instrumental, mas decorre do reconhecimento de que os problemas contemporâneos relacionados à gestão dos recursos hídricos, especialmente no contexto agroindustrial, transcendem os limites disciplinares tradicionais (Jantsch; Bianchetti, 2011).

A gestão da água nas agroindústrias envolve fatores ecológicos, técnicos, sociais, regulatórios e econômicos, exigindo, portanto, abordagens capazes de compreender a complexidade e a interdependência entre esses elementos. A interdisciplinaridade aqui adotada vai ao encontro do pensamento sistêmico e complexo, tal como defendido por Morin (2015), que ressalta a necessidade de articular saberes diversos para compreender fenômenos que se manifestam em múltiplos níveis e dimensões.

Ao mobilizar instrumentos como a análise de conteúdo para captar tendências e lacunas na literatura científica, e o método multicritério *fuzzy TOPSIS* para classificar desafios com base em critérios técnico-sociais, a pesquisa estrutura uma estratégia analítica que exige articulação entre áreas distintas. A interdisciplinaridade, nesse contexto, não é apenas uma justaposição de conhecimentos, mas uma reconfiguração epistemológica, na qual os conceitos e métodos interagem para produzir um entendimento mais abrangente e aplicável (Fazenda, 2006).

Assim, a dissertação alinha-se aos princípios da pesquisa interdisciplinar aplicada, conforme defendido por Hirsch Hadorn *et al.* (2008), que destacam a importância de gerar conhecimentos que respondam a problemas complexos com relevância prática e fundamentação científica sólida. A investigação não apenas interpreta os desafios da sustentabilidade hídrica nas agroindústrias, mas também oferece subsídios concretos para a tomada de decisão estratégica, orientada à transição para modelos produtivos mais eficientes, equitativos e ambientalmente responsáveis.

A pegada hídrica, conforme a norma ISO 14046, não se limita a um instrumento técnico e metodológico para fins ambientais. Ela também é um elo entre diagnóstico técnico, decisão organizacional e governança socioambiental. A pegada hídrica evidencia que não existe neutralidade na produção de conhecimento, porque alia escolhas metodológicas, critérios normativos e interpretações culturais e, assim, tal aliança influencia os rumos da gestão hídrica.

O nexo água-energia-alimento (*WEF*) reforça as camadas envolvidas na gestão hídrica, pois reconhece as interdependências entre setores produtivos e recursos naturais, mostrando que as decisões que conduzem a gestão hídrica afetam a segurança energética e alimentar. A partir desta abordagem, é exigida uma visão integrada, cuja consolidação depende de abordagens epistemológicas que lidem com complexidade, incerteza e interconexões. Assim, o nexo WEF oferece uma moldura conceitual que dialoga com os princípios da avaliação do ciclo de vida presentes na norma ISO 14046, necessitando de articulação entre dados técnicos e perspectivas sociais e econômicas.

Tal convergência se relaciona com a interdisciplinaridade proposta na dissertação. A gestão hídrica em agroindústrias não se resume a cálculos hidrológicos ou balanços de massa, porque também envolve variáveis institucionais, culturais, econômicas e políticas. Portanto, a pesquisa recorre a métodos mistos, desde análise de conteúdo, qualitativa, até análise multicritério (*Fuzzy TOPSIS Class*), quantitativa, os quais integram campos de conhecimento distintos, como engenharia de produção, ciências ambientais e ciências sociais aplicadas. Essa abordagem metodológica demonstra que problemas complexos demandam abordagens interdisciplinares, aliando conhecimento técnico, julgamento especializado e reflexão crítica.

Além da abordagem interdisciplinar, também está presente na dissertação uma abordagem epistemológica crítica e sistêmica. O relacionamento entre a pegada hídrica e o nexo *WEF* não se limita à validação de métricas existentes, mas questiona as lacunas, inconsistências e potencialidades para orientar decisões na gestão hídrica sustentável. Assim, a pesquisa assume que o conhecimento científico sobre água é ao mesmo tempo técnico, político e social. Essa aliança entre a abordagem epistemológica crítica e sistêmica e a interdisciplinaridade demonstra que a ISO 14046 não se restringe a ser uma norma técnica, mas ela também catalisa transformações institucionais e culturais na agroindústria, alinhando a norma aos ODS e ao papel estratégico da ciência para promover a sustentabilidade.

1.5 Estrutura da pesquisa

Esta dissertação é apresentada em formato alternativo, conforme o Informativo CCPG nº 002/2018. O trabalho contém dois capítulos em formato de artigo, seguidos de um capítulo de discussão integrada dos resultados e de um capítulo de conclusão da dissertação.

Capítulo 01 – Apresenta os resultados da análise de conteúdo da literatura científica sobre desafios da gestão hídrica conforme ISO 14046 (2014).

Capítulo 02 – Apresenta os resultados da análise multicritério das respostas dos especialistas provenientes do questionário sobre desafios da gestão hídrica conforme ISO 14046 (2014).

Após o desenvolvimento dos dois artigos, a dissertação retoma seus resultados e estabelece comparações e aproximações com a literatura, compondo uma discussão integrada. Em seguida, são apresentadas a conclusão geral, as referências utilizadas e os anexos.

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação teve como objetivo geral analisar os desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046. A partir dos dois artigos, conclui-se que esse objetivo foi alcançado, uma vez que a pesquisa identificou, organizou e classificou os principais entraves relacionados à aplicação da pegada hídrica no contexto agroindustrial brasileiro. Os resultados demonstram que a ISO 14046 possui potencial para orientar práticas mais sustentáveis de gestão da água, mas sua adoção ainda depende da superação de barreiras metodológicas, técnicas, organizacionais e institucionais.

O primeiro artigo permitiu reconhecer, por meio da análise de conteúdo da literatura científica, que os desafios à implantação da pegada hídrica não estão restritos à mensuração do consumo de água. Foram identificadas limitações associadas à padronização de indicadores, coleta e armazenamento de dados, métodos de medição, critérios de avaliação, escassez hídrica, confidencialidade de dados, cultura organizacional, capacitação técnica e divergências metodológicas. Esses achados demonstram que a pegada hídrica, quando aplicada conforme a ISO 14046, exige uma base informacional robusta e coerente com a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), pois depende de dados confiáveis, fronteiras bem definidas e métodos de avaliação ambiental adequados.

O segundo artigo complementou essa análise ao aplicar o método *Fuzzy TOPSIS Class* para classificar os desafios com base na avaliação de especialistas. Os resultados indicaram que a maioria dos desafios se concentrou na classe regular, enquanto alguns foram classificados como inaceitáveis. Essa predominância da classe regular revela que a implantação da ISO 14046 nas agroindústrias brasileiras não se encontra em situação de inviabilidade absoluta, mas em um estágio intermediário de maturidade, no qual existem conhecimentos, práticas e iniciativas em desenvolvimento, embora ainda insuficientes para consolidar a gestão da pegada hídrica como instrumento estratégico.

Os desafios classificados como inaceitáveis indicam os pontos que exigem maior atenção gerencial e institucional. Entre eles, destacam-se coleta e armazenamento de dados, critérios de avaliação, critérios de compensação ecológica, implantação prática da pegada hídrica e abordagem integrada. Esses resultados demonstram que os principais gargalos não estão apenas na compreensão conceitual da norma, mas na sua operacionalização dentro das organizações. Assim, a adoção da ISO 14046 requer não somente conhecimento técnico, mas também sistemas de informação, rotinas de monitoramento, integração entre setores e capacidade de transformar resultados ambientais em decisões estratégicas.

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo será
disponibilizado
somente a partir de 03/03/2028.

Conclui-se também que a gestão da pegada hídrica deve ser compreendida como processo contínuo de aprendizagem organizacional. A ausência de desafios classificados como ótimos indica que ainda há lacunas relevantes a serem superadas pelas agroindústrias brasileiras. Mesmo os desafios classificados como regulares não devem ser interpretados como pouco importantes, pois representam obstáculos presentes em nível intermediário e podem comprometer a aplicação da norma caso não sejam acompanhados. Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade de tratar a implantação da ISO 14046 como uma trajetória de maturidade, e não como uma ação pontual ou meramente documental.

A pesquisa evidencia que a qualidade dos dados constitui uma condição central para a efetividade da pegada hídrica. Sem dados representativos, padronizados e atualizados, torna-se difícil calcular, comparar e interpretar os impactos relacionados ao uso da água. Essa constatação é particularmente relevante para agroindústrias, pois suas cadeias produtivas envolvem múltiplos fornecedores, etapas de processamento, diferentes regiões hidrográficas e variações sazonais. Portanto, a melhoria da infraestrutura de dados deve ser considerada prioridade para empresas, associações setoriais e formuladores de políticas.

Outro ponto conclusivo refere-se à importância da capacitação técnica. A aplicação da ISO 14046 exige domínio de conceitos relacionados à ACV, inventário de uso da água, categorias de impacto, escassez hídrica, qualidade dos dados e comunicação dos resultados. A falta de capacitação adequada pode levar a avaliações superficiais, incompletas ou pouco úteis para a tomada de decisão. A partir desse cenário, recomenda-se que as agroindústrias invistam na formação de equipes internas e na articulação com universidades, centros de pesquisa, consultorias especializadas e instituições públicas voltadas à gestão hídrica.

A abordagem integrada também se mostrou essencial para a consolidação da pegada hídrica nas agroindústrias. A água não deve ser tratada de forma isolada, pois sua gestão está associada à energia, à produção de alimentos, ao uso do solo, à logística, ao tratamento de efluentes e à governança das cadeias produtivas. Nesse sentido, a articulação entre ISO 14046, *nexo WEF* e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável amplia o potencial da norma como ferramenta de sustentabilidade. A pesquisa dialoga com o ODS 6 e com a meta 6.4, ao contribuir para a discussão sobre eficiência no uso da água, redução da escassez e melhoria da gestão dos recursos hídricos.

Como contribuição teórica, esta dissertação sistematizou desafios dispersos na literatura e os organizou em uma estrutura aplicável ao contexto das agroindústrias brasileiras. Ao reunir análise qualitativa e método multicritério, a pesquisa avança ao propor uma leitura integrada dos entraves à adoção da ISO 14046, diferenciando desafios mais críticos daqueles que

demandam acompanhamento gradual. Essa contribuição é relevante porque amplia o debate sobre pegada hídrica para além do cálculo técnico, incorporando dimensões organizacionais, decisórias e estratégicas da gestão ambiental.

Como contribuição prática, os resultados podem apoiar gestores agroindustriais na definição de prioridades para implantação da pegada hídrica. A classificação dos desafios permite direcionar esforços para temas estruturais, como dados, critérios de avaliação, capacitação, integração organizacional e implantação efetiva da norma. Além disso, a pesquisa pode subsidiar políticas públicas, programas de certificação, iniciativas setoriais e ações de extensão voltadas ao fortalecimento da sustentabilidade hídrica no agronegócio brasileiro.

A dissertação também apresenta limitações. A primeira está relacionada ao uso da literatura científica como base para a identificação dos desafios, o que pode deixar de captar especificidades de alguns segmentos agroindustriais pouco representados nos estudos analisados. A segunda refere-se à etapa com especialistas, pois os resultados expressam percepções qualificadas, mas não substituem diagnósticos empíricos realizados diretamente em agroindústrias de diferentes portes, cadeias produtivas e regiões brasileiras. A terceira limitação está associada à própria complexidade da ISO 14046, cuja aplicação prática pode variar conforme disponibilidade de dados, estrutura de gestão, recursos financeiros e maturidade ambiental das organizações.

Para pesquisas futuras, recomenda-se aplicar o modelo em agroindústrias específicas, comparando setores como carnes, grãos, laticínios, açúcar e etanol, café, frutas e alimentos processados. Também se sugere aprofundar estudos de caso sobre empresas que já utilizam indicadores hídricos, a fim de compreender boas práticas, dificuldades operacionais e possibilidades de adaptação da ISO 14046 à realidade brasileira. Além disso, pesquisas futuras podem integrar a pegada hídrica a indicadores de carbono, energia, circularidade, biodiversidade e desempenho econômico, fortalecendo uma abordagem sistêmica da sustentabilidade agroindustrial.

Por fim, conclui-se que a adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na ISO 14046 representa uma oportunidade estratégica para as agroindústrias brasileiras. A norma pode contribuir para reduzir riscos hídricos, melhorar a eficiência produtiva, fortalecer a transparência ambiental, apoiar o cumprimento dos ODS e ampliar a competitividade em cadeias globais de valor. Contudo, seu potencial somente será plenamente alcançado se a gestão da água deixar de ser tratada como tema operacional e passar a compor o planejamento estratégico das organizações, sustentada por dados confiáveis, capacitação técnica, cultura organizacional e governança integrada dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS (DISSERTAÇÃO)

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual**. Brasília, DF: ANA, 2024. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- AIVAZIDOU, E. Water management in agriculture and industry: challenges, trends, and opportunities. **Sustainability**, v. 14, n. 1, art. 66, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14010066>.
- ALLAN, J. A. Integrated water resources management is more a political than a technical challenge. **Developments in Water Science**, v. 50, p. 9–23, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-5648\(03\)80004-7](https://doi.org/10.1016/S0167-5648(03)80004-7).
- AUSTIN, J. E. **Agroindustrial project analysis**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1981.
- BALAKRISHNAN, K.; ZAKARIA, N. A.; FOO, K. Y. Evolution of sustainable product service system in the water management practice. **Desalination and Water Treatment**, v. 90, p. 147–156, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21415>.
- BAZILIAN, M. *et al.* Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. **Energy Policy**, v. 39, n. 12, p. 7896–7906, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.039>.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Boston: Springer, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>.
- BENGTSSON, M. How to plan and perform a qualitative study using content analysis. **NursingPlus Open**, v. 2, p. 8–14, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.npls.2016.01.001>.
- BERGER, M. *et al.* Advancing the water footprint into an instrument to support achieving the SDGs: recommendations from the “Water as a Global Resources” Research Initiative (GRoW). **Water Resources Management**, v. 35, n. 4, p. 1291–1298, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02784-9>.
- BHASKAR, R. **The possibility of naturalism: a philosophical critique of the contemporary human sciences**. 4. ed. London: Routledge, 2015.
- BOULAY, A. M. *et al.* Analysis of water use impact assessment methods (part A): evaluation of modeling choices based on a quantitative comparison of scarcity and human health indicators. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 1, p. 139–160, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0814-2>.
- BOULAY, A. M. *et al.* Building consensus on water use assessment of livestock production systems and supply chains: Outcome and recommendations from the FAO LEAP Partnership. **Ecological Indicators**, v. 124, art. 107391, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107391>.
- BOULAY, A. M. *et al.* The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 2, p. 368–378, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>.
- BUCKWELL, A. *et al.* **The sustainable intensification of European agriculture**. Brussels: RISE Foundation, 2014.

BUXMANN, K.; KOEHLER, A.; THYLMANN, D. Water scarcity footprint of primary aluminium. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, n. 11, p. 1605–1615, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0997-1>.

CASTRO, C. N. de. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília, DF: Ipea, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11115>>. Acesso em: 28 jun. 2026.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA); CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **PIB do agronegócio fecha 2023 com queda de 2,99%**. Piracicaba: CEPEA; Brasília, DF: CNA, 26 mar. 2024.

CHA, K. *et al.* Method to assess water footprint, a case study for white radishes in Korea. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 5, n. 2, p. 151–157, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.02.005>.

CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. **Designing and conducting mixed methods research**. 3. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2018.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. **A concept of agribusiness**. Boston: Harvard University, Graduate School of Business Administration, Division of Research, 1957.

DEEPA, R. *et al.* Potential environmental impacts of peanut using water footprint assessment: a case study in Georgia. **Agronomy**, v. 12, n. 4, art. 930, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040930>.

DEEPA, R.; ANANDHI, A.; ALHASHIM, R. Volumetric and impact-oriented water footprint of agricultural crops: a review. **Ecological Indicators**, v. 130, art. 108093, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108093>.

DEWEY, J. **Logic: the theory of inquiry**. New York: Henry Holt and Company, 1938.

ELO, S.; KYNGÄS, H. The qualitative content analysis process. **Journal of Advanced Nursing**, v. 62, n. 1, p. 107–115, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x>.

EUROPEAN COMMISSION. **The European Green Deal**. Brussels: European Commission, 2019. COM(2019) 640 final. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>>. Acesso em: 10 nov. 2024.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. Campinas: Papirus, 2006.

FERREIRA, L. *et al.* A fuzzy hybrid integrated framework for portfolio optimization in private banking. **Expert Systems with Applications**, v. 92, p. 350–362, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.09.055>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The Water-Energy-Food Nexus: a new approach in support of food security and sustainable agriculture**. Rome: FAO, 2014. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/bl496e>>. Acesso em: 28 jun. 2026.

FORIN, S. *et al.* Organizational water footprint: a methodological guidance. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 2, p. 403–422, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01670-2>.

FORIN, S. *et al.* Organizational Water Footprint to Support Decision Making: a Case Study for a German Technological Solutions Provider for the Plumbing Industry. **Water**, v. 12, n. 3, art. 847, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12030847>.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). Centro de Estudos em Sustentabilidade.

Resultados da Iniciativa El Agua Nos Une – SuizAgua Brasil: 2018–2021. São Paulo:

FGVces, 2021. Disponível em:

<https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u641/el_agua_nos_une_-_ciclo_2018-2021.pdf>.

Acesso em: 28 jun. 2026.

GOICOECHEA, A.; HANSEN, D. R.; DUCKSTEIN, L. **Multiobjective decision analysis with engineering and business applications**. New York: John Wiley & Sons, 1982.

GRUÈRE, G.; SHIGEMITSU, M.; CRAWFORD, S. **Agriculture and water policy changes: stocktaking and alignment with OECD and G20 recommendations**. Paris: OECD Publishing, 2020. (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, n. 144). DOI: <https://doi.org/10.1787/f35e64af-en>.

HIRSCH HADORN, G. *et al.* (ed.). **Handbook of transdisciplinary research**. Dordrecht: Springer, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6699-3>.

HOEKSTRA, A. Y. *et al.* **The water footprint assessment manual: setting the global standard**. London: Earthscan, 2011.

HOEKSTRA, A. Y. Sustainable, efficient, and equitable water use: the three pillars under wise freshwater allocation. **WIREs Water**, v. 1, n. 1, p. 31–40, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1000>.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. In: **Integrated Assessment of Water Resources and Global Change**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006, p. 35–48. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5591-1_3.

HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. **Global water scarcity: the monthly blue water footprint compared to blue water availability for the world's major river basins**. Delft: UNESCO-IHE, 2011. (Value of Water Research Report Series, n. 53). Disponível em: <<https://www.waterfootprint.org/resources/Report53-GlobalBlueWaterScarcity.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2026.

HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M.; CHAPAGAIN, A. K.; MATHEWS, R. E.; RICHTER, B. D. Global monthly water scarcity: blue water footprints versus blue water availability. **PLOS ONE**, v. 7, n. 2, e32688, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032688>

HOFF, H. **Understanding the nexus: background paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus**. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 2011. Disponível em: <<https://www.sei.org/publications/understanding-the-nexus/>>. Acesso em: 28 jun. 2026.

HUANG, J. *et al.* Reducing agricultural water footprints at the farm scale: a case study in the Beijing region. **Water**, v. 7, n. 12, p. 7066–7077, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/w7126674>.

HWANG, C.-L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making: methods and applications**. Berlin: Springer, 1981. (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, v. 186). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Agenda 2030: objetivos de desenvolvimento sustentável: avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil: ODS 6 — assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todas e todos**. Brasília, DF: Ipea, 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14046:2014: Environmental management — Water footprint — Principles, requirements and guidelines**. Geneva: ISO, 2014.

JANK, M. S.; NASSAR, A. M.; TACHINARDI, M. H. Agronegócio e comércio exterior brasileiro. **Revista USP**, n. 64, p. 14–27, 2005. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i64p14-27>.

JANTSCH, A. P.; BIANCHETTI, L. (org.). **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; RUAN, D. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. **International Journal of Production Economics**, v. 87, n. 2, p. 171–184, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00099-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00099-9).

KAHRAMAN, C.; ONAR, S. C.; OZTAYSI, B. Fuzzy multicriteria decision-making: a literature review. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 8, n. 4, p. 637–666, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/18756891.2015.1046325>.

KOHLBACHER, F. The use of qualitative content analysis in case study research. **Forum: Qualitative Social Research**, v. 7, n. 1, art. 21, 2006. DOI: <https://doi.org/10.17169/fqs-7.1.75>.

KOUNINA, A. *et al.* Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 3, p. 707–721, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0519-3>.

KOWALCZYK, Z.; KUBOŃ, M. Assessing the impact of water use in conventional and organic carrot production in Poland. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, art. 3522, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07531-7>.

LAH, O. Breaking the silos: integrated approaches to foster sustainable development and climate action. **Sustainable Earth Reviews**, v. 8, n. 1, p. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42055-024-00102-w>.

LECK, H. *et al.* Tracing the water–energy–food nexus: description, theory and practice. **Geography Compass**, v. 9, n. 8, p. 445–460, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/gec3.12222>.

LI, T.; SUN, J.; FEI, L. Application of multiple-criteria decision-making technology in emergency decision-making: uncertainty, heterogeneity, dynamicity, and interaction. **Mathematics**, v. 13, n. 5, art. 731, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/math13050731>.

LI, Z. *et al.* Spatial and temporal sensitivity of water footprint assessment in crop production to modelling inputs and parameters. **Agricultural Water Management**, v. 271, art. 107805, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107805>.

MALORGIO, G.; MARANGON, F. Agricultural business economics: the challenge of sustainability. **Agricultural and Food Economics**, v. 9, n. 1, p. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40100-021-00179-3>.

- MARTÍNEZ-ARCE, A. *et al.* Water footprint (ISO 14046) in Latin America, state of the art and recommendations for assessment and communication. **Environments**, v. 5, n. 11, art. 114, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments5110114>.
- MATTHEWS, A. The new CAP must be linked more closely to the UN Sustainable Development Goals. **Agricultural and Food Economics**, v. 8, n. 1, p. 19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40100-020-00163-3>.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 5, p. 1577–1600, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>.
- MONTOYA, M. A. A pegada hídrica da economia brasileira e a balança comercial de água virtual: uma análise insumo-produto. **Economia Aplicada**, v. 24, n. 2, p. 215–248, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea167721>.
- MONTOYA, M. A.; FINAMORE, E. B. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, n. 4, p. 441–464, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20200021>.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.
- MUJTABA, G. *et al.* A holistic approach to embracing the United Nation's Sustainable Development Goal (SDG-6) towards water security in Pakistan. **Journal of Water Process Engineering**, v. 57, art. 104691, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104691>.
- NEXUS REGIONAL DIALOGUES PROGRAMME. **Water, Energy & Food Security Nexus: indicator framework**. [S. l.]: Nexus Regional Dialogues Programme, 2020. Disponível em: <https://uploads.water-energy-food.org/resources/Annex-9_Water-Energy-and-Food-Security-Nexus-Indicator-Framework-1.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2026.
- NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo: Triom, 2008.
- NOY, C. Sampling knowledge: the hermeneutics of snowball sampling in qualitative research. **International Journal of Social Research Methodology**, v. 11, n. 4, p. 327–344, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/13645570701401305>.
- NYDRIOTI, I. *et al.* Implementation of the water footprint as a water performance indicator in industrial manufacturing units located in Greece: challenges and prospects. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 1, p. 803–819, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31145-9>.
- OKOLI, C.; PAWLOWSKI, S. D. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. **Information & Management**, v. 42, n. 1, p. 15–29, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002>.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/2030agenda>>. Acesso em: 28 jun. 2026.
- OSORIO-TEJADA, J. L.; VARÓN-HOYOS, M.; MORALES-PINZÓN, T. Comprehensive water footprint of a university campus in Colombia: impact of wastewater treatment modeling. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 5, art. 174, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05644-3>.
- PEIRCE, C. S. **The essential Peirce: selected philosophical writings (1867–1893)**. Bloomington: Indiana University Press, 1992. v. 1.

PFISTER, S.; KOEHLER, A.; HELLWEG, S. Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 11, p. 4098–4104, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1021/es802423e>.

PFISTER, S.; SCHERER, L. Uncertainty analysis of the environmental sustainability of biofuels. **Energy, Sustainability and Society**, v. 5, art. 30, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13705-015-0058-4>.

PFISTER, S.; SCHERER, L.; BUXMANN, K. Water scarcity footprint of hydropower based on a seasonal approach - Global assessment with sensitivities of model assumptions tested on specific cases. **Science of The Total Environment**, v. 724, art. 138188, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138188>.

QUINTAM, C. P. R.; ASSUNÇÃO, G. M. Panorama do agronegócio exportador brasileiro. **RECIMA21 — Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 7, e473642, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i7.3642>.

QUINTAM, C. P. R.; ASSUNÇÃO, G. M. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. **RECIMA21 — Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 7, e473641, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i7.3641>.

RODRIGUES, L. N. Água: seu papel na agricultura e os desafios na sua gestão. In: GARCIA, J. R. (ed.). **As soluções sustentáveis que vêm dos trópicos: desenvolver sem desmatar por um novo pacto global do alimento**. Juiz de Fora: Instituto Fórum do Futuro, 2022. p. 189–198.

ROSEGRANT, M. W. *et al.* Water and food in the bioeconomy: challenges and opportunities for development. **Agricultural Economics**, v. 44, n. s1, p. 139–150, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/agec.12058>.

ROWE, G.; WRIGHT, G. Expert opinions in forecasting: the role of the Delphi technique. In: ARMSTRONG, J. S. (ed.). **Principles of forecasting: a handbook for researchers and practitioners**. Boston: Springer, 2001. p. 125–144. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-306-47630-3_7.

SANTOS, L. I. S. *et al.* **Dificuldades e limitações na implementação da ISO 14046 na agroindústria: um estudo qualitativo**. 2026. Manuscrito submetido à revista Business Strategy and the Environment.

SESSO FILHO, U. A. *et al.* Produto Interno Bruto e pegada hídrica do agronegócio: comparativo entre países. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 4, e274229, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.274229pt>.

SILVA, J. F. do A.; PEREIRA, R. G. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 263–280, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0023>.

SILVA, M. S. L. *et al.* **Água e saneamento: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico temático: serviços de água e esgoto: visão geral: ano de referência 2022**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2026.

SPAREMBERGER, A. **Princípios de agronegócios**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

STORLI, P. T.; LUNDSTRÖM, T. S. A new technical concept for water management and possible uses in future water systems. **Water**, v. 11, n. 12, art. 2528, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11122528>.

STURLA, G.; CIULLA, L.; ROCCHI, B. Estimating the global production and consumption-based water footprint of a regional economy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 44, p. 208–220, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.11.023>.

TRIANANTAPHYLLOU, E. **Multi-criteria decision making methods: a comparative study**. Boston: Springer, 2000. (Applied Optimization, v. 44). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>.

TUNINETTI, M. *et al.* A Fast Track approach to deal with the temporal dimension of crop water footprint. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 7, art. 074010, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6b09>.

UN-WATER. **Blueprint for acceleration: Sustainable Development Goal 6 synthesis report on water and sanitation 2023**. Geneva: UN-Water, 2023. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/sdg-6-synthesis-report-2023>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

UN-WATER. **Summary progress update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all**. Geneva: UN-Water, 2021. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2021-sdg-6-water-and-sanitation-all>>. Acesso em: 28 jun. 2026.

UN-WATER. **Sustainable Development Goal 6 synthesis report 2018 on water and sanitation**. New York: United Nations, 2018. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/sdg-6-synthesis-report-2018-water-and-sanitation>>. Acesso em: 28 jun. 2026.

UN-WATER. **Water security and the global water agenda: a UN-Water analytical brief**. Hamilton: United Nations University, 2013. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda>>. Acesso em: 10 nov. 2024.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP — Espaço e Tempo**, n. 20, p. 9–17, 2006.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED). **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2026.

XIN, X. Construction of ecological compensation system for water environment resource in public places using grey correlation. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2022, art. 3026588, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/3026588>.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).

ZIMMERMANN, H.-J. **Fuzzy set theory—and its applications**. 4. ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0646-0>.

ZUIN, L. F. S.; QUEIROZ, T. R. (coord.). **Agronegócios: gestão, inovação e sustentabilidade**. São Paulo: Saraiva, 2015.

ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA

UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS E
JABOTICABAL - FCAV



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046

Pesquisador: LUANA INADA SOUZA SANTOS

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 86491025.8.0000.9029

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Capes Coordenação Aperf Pessoal Nível Superior

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.610.192

Apresentação do Projeto:

A indústria, a agricultura e a produção de energia, que consomem elevado volume de água, estão crescendo para atender às necessidades da população. A gestão eficiente de água (ODS 6.4) pode estipular a relação entre o uso da água e os impactos, como a escassez e a poluição. Desta forma, a pesquisa envolve a identificação dos desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios do gerenciamento da pegada hídrica baseada na norma de gestão ambiental ISO 14046. Para isto, será realizada uma revisão de literatura, coleta de dados, por meio de entrevistas de pesquisadores que atuam na gestão hídrica nas agroindústrias, e a classificação das variáveis obtidas por meio do método Fuzzy. Segundo o pesquisador, os resultados esperados podem gerar impactos acadêmicos, ambientais e organizacionais, pois a partir da proposta, podem criar indicadores que serão utilizados para definir políticas das organizações para melhorar a gestão da água e, como consequência, os recursos hídricos serão utilizados de forma sustentável, assegurando o consumo das próximas gerações.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Analisar os desafios das agroindústrias brasileiras na adoção dos princípios da gestão da pegada hídrica baseada na norma ISO 14046

Objetivo Secundário:

Endereço: Via de Acesso Paulo Donato Castellane s/nº Departamento de Economia, Administração e Educação
Bairro: Vila Industrial **CEP:** 14.884-900
UF: SP **Município:** JABOTICABAL
Telefone: (16)3209-7254 **Fax:** (16)3209-7100 **E-mail:** cep.fcav@unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS E
JABOTICABAL - FCAV**



Continuação do Parecer: 7.610.192

- (i) identificar os princípios que norteiam a pegada hídrica a partir do ISO 14046;
- (ii) classificar as variáveis de gestão da pegada hídrica para o agronegócio;
- (iii) levantar como as variáveis da pegada hídrica estão aplicadas junto às instituições do agronegócio brasileiro e seus desafios;
- (iv) classificar as variáveis da pegada hídrica que norteiam as instituições do agronegócio brasileiro.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios estão discriminados na proposta. Houve inclusão de informações como a ausência de custos relacionados à pesquisa para os participantes, e garantia de assistência antes, após e ao término da pesquisa, bem como o direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa e ao ressarcimento de eventuais despesas para participar da pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide pendências e lista de inadequações.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide pendências e lista de inadequações.

Recomendações:

Vide pendências e lista de inadequações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as pendências, detalhadas em parecer anterior, foram solucionadas atendendo à legislação vigente

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, na notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciados no CEP, conforme Norma Operacional CNS no. 001/13, item X12.d.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2500107.pdf	24/03/2025 16:08:36		Aceito

Endereço: Via de Acesso Paulo Donato Castellane s/nº Departamento de Economia, Administração e Educação
Bairro: Vila Industrial **CEP:** 14.884-900
UF: SP **Município:** JABOTICABAL
Telefone: (16)3209-7254 **Fax:** (16)3209-7100 **E-mail:** cep.fcav@unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS E
JABOTICABAL - FCAV**



Continuação do Parecer: 7.610.192

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Luana_Inada_Souza_Santos.pdf	24/03/2025 16:08:25	EDUARDO GUILHERME SATOLO	Aceito
Outros	CartaResposta_Mar2025.pdf	24/03/2025 08:29:10	EDUARDO GUILHERME SATOLO	Aceito
Brochura Pesquisa	Projeto_CEP_Desafio_ISO_14046.pdf	24/03/2025 08:27:00	EDUARDO GUILHERME SATOLO	Aceito
Outros	Questionario_ISO_14046.pdf	26/02/2025 14:10:04	LUANA INADA SOUZA SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoLuanalInada.pdf	26/02/2025 13:46:10	LUANA INADA SOUZA SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Luana_Inada_Souza_Santos.pdf	14/02/2025 18:48:52	LUANA INADA SOUZA SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JABOTICABAL, 31 de Maio de 2025

**Assinado por:
Lizandra Amoroso
(Coordenador(a))**

Endereço: Via de Acesso Paulo Donato Castellane s/nº Departamento de Economia, Administração e Educação
Bairro: Vila Industrial **CEP:** 14.884-900
UF: SP **Município:** JABOTICABAL
Telefone: (16)3209-7254 **Fax:** (16)3209-7100 **E-mail:** cep.fcav@unesp.br

ANEXO 2 – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO

10/02/26, 14:19

E-mail de Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Manuscript submitted to Business Strategy and the Environ...



Luana Inada Souza Santos <luana.inada@unesp.br>

Manuscript submitted to Business Strategy and the Environment

1 mensagem

Business Strategy and the Environment <no-reply@atyponrex.com>
 Para: Luana Inada Souza Santos <luana.inada@unesp.br>

5 de janeiro de 2026 às 20:34

Dear Luana Inada Souza Santos,

Your manuscript "DIFFICULTIES AND LIMITATIONS IN THE IMPLEMENTATION OF ISO 14046 IN THE AGRO-INDUSTRY: A QUALITATIVE STUDY" has been successfully submitted and is being delivered to the Editorial Office of *Business Strategy and the Environment* for consideration.

You will receive a follow-up email with further instructions from the journal editorial office. That message will confirm that the editorial office has received your submission.

Thank you for submitting your manuscript to *Business Strategy and the Environment*.

Sincerely,
 The Editorial Staff at Business Strategy and the Environment

By submitting a manuscript to or reviewing for this publication, your name, email address, and affiliation, and other contact details the publication might require, will be used for the regular operations of the publication, including, when necessary, sharing with the publisher (Wiley) and partners for production and publication. The publication and the publisher recognize the importance of protecting the personal information collected from users in the operation of these services and have practices in place to ensure that steps are taken to maintain the security, integrity, and privacy of the personal data collected and processed. You can learn more by reading our [data protection policy](#). In case you don't want to be contacted by this publication again, please send an email to bse.office@wiley.com.