REÚSO AGRÍCOLA DE EFLUENTES TRATADOS E SEGURANÇA HÍDRICA EM AMBIENTE CÁRSTICO DO SEMIÁRIDO BAIANO: O CASO DE IRAQUARA-BA

Ederson Fabrício Cordeiro da Silva[1]; André Carvalho Figueiredo[2]; Liliam dos Santos Vasconcelos[3]; Anderson Gomes de Oliveira[4]

RESUMO – O reúso agrícola de efluentes é estratégico para municípios semiáridos. Contudo, o problema central em Iraquara-BA é sua inserção em ambiente cárstico, onde a alta vulnerabilidade hidrogeológica eleva os riscos de contaminação aquífera associados à prática do reúso. Diante disso, este artigo tem como objetivo analisar a pertinência técnico-científica do reúso agrícola local via pesquisa analítico-documental, sistematizando dados do IBGE, Atlas Esgotos/ANA e INEMA frente a diretrizes nacionais e internacionais de segurança sanitária. Os resultados indicam um cenário complexo que associa demanda por saneamento, restrições de unidade de conservação e aquíferos vulneráveis. Como conclusão e contribuição, propõe-se uma matriz de triagem institucional e decisão baseada em indicadores mínimos e níveis cumulativos, ferramenta importante para orientar a transição segura da fase documental para a implementação de projetos-piloto monitorados.

ABSTRACT – Agricultural reuse of wastewater is strategic for semiarid municipalities. However, the central issue in Iraquara, Bahia, lies in its location within a karst environment, where high hydrogeological vulnerability increases the risks of aquifer contamination associated with reuse practices. Therefore, this article aims to analyze the technical and scientific relevance of local agricultural reuse through analytical-documentary research, systematizing data from IBGE, the Atlas Esgotos/ANA and INEMA in light of national and international health-safety guidelines. The results indicate a complex scenario involving sanitation demand, conservation unit restrictions and vulnerable aquifers. As a conclusion and contribution, the study proposes an institutional screening and decision-making matrix based on minimum indicators and cumulative levels, as an important tool to guide the safe transition from the documentary phase to the implementation of monitored pilot projects.

Palavras-Chave – Reúso agrícola; Segurança hídrica; Semiárido baiano.

[1]Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua-UFBA), Engenheiro Civil/Sanitário, Esp. em Eng. Ambiental e Pavimentação. Rua Professor Aristides Novis, nº 02, Federação, Salvador-BA, CEP: 40210-630. (71)981008798. E-mail: fabvassilvaesantos@gmial.com

[2] Engenheiro Agrônomo; Especialista em Geoprocessamento; Empresa RK, Av. Luís Viana Filho, nº 13.223, São Cristóvão, Salvador-BA, CEP: 41.500-300. (71)986061918. E-mail: andrecsavana@gmail.com

[3]Doutoranda em Desenvolvimento Regional e Urbano-PPDRU-UNIFACS. Bolsista da CAPES. Mestra em Direito Governança e Políticas Públicas. Advogada. Av. Tancredo Neves, nº 2131, Caminho das Árvores, Salvador-BA, CEP 41820-020. (71)981204330. E-mail: liliamvasconcelos@hotmail.com

[4] Geógrafo, Pós-Doutor, Coordenador de Recursos Naturais e Ambientais (SEI), Av. Luiz Viana Filho, 4ª Av., nº 435, 2º andar, CAB, Salvador-BA, CEP 41745-002. (71)992221947. Email: andersongomes.oga@gmail.com

1 - INTRODUÇÃO

A segurança hídrica no semiárido nordestino depende da articulação entre infraestrutura de saneamento, conservação de mananciais, diversificação das fontes de água e capacidade institucional de gerir riscos. Essa agenda é estratégica para reduzir vulnerabilidades associadas à escassez, às falhas de abastecimento e aos eventos hidrológicos críticos. Em municípios de pequeno e médio porte, a questão torna-se ainda mais sensível quando a expansão urbana não é acompanhada pela universalização do esgotamento sanitário e pela proteção dos aquíferos locais (ANA, 2019).

O município de Iraquara, situado na Chapada Diamantina, possui 991,821 km² de área territorial, população recenseada de 23.879 habitantes em 2022, densidade demográfica de 24,08 hab/km² e população estimada de 24.833 habitantes em 2025 (IBGE, 2025). Os dados analisados indicam um território de baixa densidade relativa, mas caracterizado por uma demanda permanente por soluções de saneamento e conservação hídrica. O problema central reside no fato de o município de Iraquara-BA estar inserido em um ambiente cárstico, cenário no qual a rápida circulação subterrânea da água reduz o tempo de atenuação natural de potenciais contaminantes (CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002). Essa vulnerabilidade hidrogeológica condiciona o aproveitamento de efluente sanitário tratado e exige alternativas seguras de manejo ambiental.

A relevância deste estudo reside em discutir o reúso agrícola como alternativa diante da pressão sanitária e ambiental associada à disposição de efluentes, em uma perspectiva de economia circular da água; no carste, contudo, essa alternativa exige compatibilidade estrita entre a qualidade da água e o uso, demandando barreiras sanitárias, manejo agronômico, governança e monitoramento para proteger a saúde e os aquíferos. Diante disso, este artigo tem como objetivo analisar a pertinência técnico-científica do reúso agrícola em Iraquara-BA via dados públicos e oficiais. Sua contribuição é estruturar uma matriz de análise preliminar para o ambiente cárstico semiárido, servindo como ferramenta de suporte para a transição segura da fase documental para projetos-piloto monitorados.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA E NORMATIVA

2.1 - Reúso agrícola, segurança hídrica e múltiplas barreiras

A Organização Mundial da Saúde recomenda uma abordagem de múltiplas barreiras para o uso seguro de águas residuárias na agricultura, combinando qualidade do efluente, método de irrigação, restrição de culturas, controle de exposição, proteção dos trabalhadores e monitoramento. Essa perspectiva é especialmente pertinente ao semiárido, onde a escassez hídrica estimula fontes alternativas, sem dispensar exigências sanitárias e ambientais (WHO, 2006; ANA, 2019).

Do ponto de vista da segurança hídrica, o reúso agrícola pode substituir parte da demanda por águas de melhor qualidade, desde que articulado a tratamento adequado, distribuição, controle operacional e finalidade compatível. A confiabilidade do reúso depende dessa integração; a simples disponibilidade de efluente não é critério suficiente para implantação agrícola (ASANO *et al.*, 2007). Nessa lógica, a água destinada à irrigação deve ser avaliada quanto à salinidade, sodicidade, toxicidade por íons, sólidos suspensos e efeitos sobre infiltração. Esses parâmetros são essenciais para a classificação da água de irrigação e para a definição do manejo agronômico compatível com a sustentabilidade produtiva e ambiental do reúso (ALMEIDA, 2010).

2.2 - Marco legal do reúso agrícola

No Brasil, a Resolução CNRH nº 54/2005 estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável, enquanto a Resolução CNRH nº 121/2010 detalhou diretrizes para a modalidade agrícola e florestal. Na Bahia, a Resolução CONERH nº 75/2010 disciplina o reúso direto não potável para fins agrícolas e/ou florestais, incorporando parâmetros microbiológicos, condicionantes de cultura, método de irrigação e barreiras adicionais de proteção.

A Resolução CONAMA nº 420/2009 também é central para o caso, pois dispõe sobre critérios de qualidade do solo e diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas com potencial de contaminação. Em áreas cársticas, nas quais a conexão entre superfície e aquífero pode ser intensificada por fraturas, condutos e depressões fechadas, o monitoramento de solo e águas subterrâneas deve ser entendido como requisito de segurança, e não como etapa acessória (CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002; BRASIL, 2009).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Em termos metodológicos, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa analítico-documental, fundamentada no levantamento e cruzamento de evidências secundárias de natureza pública, oficial e técnico-científica sobre o município de Iraquara-BA. A Tabela 1 sistematiza as fontes utilizadas, indicando as informações incorporadas e sua função na caracterização territorial, sanitária, ambiental, hidrogeológica e normativa do caso. O procedimento metodológico adotou cinco critérios de análise. O primeiro foi a segurança hídrica, avaliada pela relação entre demanda sanitária, disponibilidade de fontes convencionais e potencial de substituição de água de melhor qualidade (ANA, 2019). O segundo foi o risco hidrogeológico, associado à presença de carste, drenagem descontínua e rotas preferenciais de percolação (CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002). O terceiro foi a segurança sanitária, examinada a partir de barreiras múltiplas, exposição ocupacional e qualidade

microbiológica (WHO, 2006). O quarto foi a adequação agronômica, vinculada à cultura, método de irrigação, salinidade, sodicidade, solo e manejo da lâmina (AYERS; WESTCOT, 1985; ALMEIDA, 2010). O quinto foi a governança, entendida como arranjo de licenciamento, responsabilidades, registros e monitoramento (BRASIL, 2010; BAHIA, 2010). A base empírica do estudo é secundária, territorial, sanitária e hidrogeológica, por isso, a análise não substitui projeto executivo, ensaios laboratoriais, monitoramento de poços ou teste piloto, mas define critérios verificáveis para decidir se a proposta pode avançar da fase documental para uma implantação monitorada.

Tabela 1 - Fontes públicas, oficiais e técnico-científicas utilizadas na análise

Fonte	Informação incorporada	Função analítica
IBGE (2025)	Área territorial, população censitária, densidade demográfica e população estimada.	Caracterização demográfica e territorial de Iraquara.
ANA - Atlas Esgotos (2017)	Diagnóstico sanitário, carga orgânica, população urbana, solução planejada e corpo receptor.	Base empírica sanitária para discutir tratamento e disposição de efluentes.
INEMA (s.d.)	Inserção na APA Marimbus/Iraquara e relevância ambiental da unidade de conservação.	Contextualização ambiental e institucional do território.
GEOBAHIA (s.d.); Cruz Júnior (1998); Laureano e Cruz (2002)	Classificação dos solos, condicionantes geomorfológicos, geológicos e hidrogeológicos, drenagem descontínua, cavernas e aquífero cárstico.	Análise da vulnerabilidade hidrogeológica e da base física do território.
CNRH, CONERH, CONAMA, WHO e FAO	Normas e diretrizes sobre reúso, saúde, irrigação, solo e água.	Enquadramento técnico-normativo do reúso agrícola.

Fonte: Sistematizado pelos autores (2026).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Condicionantes territoriais, sanitárias e ambientais

O reúso agrícola em Iraquara-BA justifica-se por condicionantes territoriais, sanitários e ambientais específicos. O município possui população estimada em 24.833 habitantes e área de 991,821 km² (IBGE, 2025). O diagnóstico do Atlas Esgotos apontou que, no cenário-base de 2013, a população urbana era de 12.111 habitantes, gerando uma carga de 654,0 kg DBO/dia, predominantemente sem coleta ou tratamento (ANA, 2017). Para 2035, o horizonte oficial projeta a implantação da ETE Iraquara para atender 9.814 habitantes, com vazão de 20,4 L/s, carga afluente de 530,0 kg DBO/dia, 90% de eficiência e lançamento no riacho Água de Rega (ANA, 2017).

Embora o planejamento oficial não preveja o reúso agrícola, a demanda futura por disposição de efluentes exige alternativas para mitigar impactos em corpos hídricos e aquíferos (ANA, 2017; 2019). Esse cenário ganha complexidade pelo fato de o território integrar a APA Marimbus/Iraquara (125.400 ha), caracterizada por formações calcárias, grutas e pressões por esgotamento inadequado.

Assim, o saneamento local configura um instrumento de gestão de risco ambiental em unidade de conservação de uso sustentável. Sob essa perspectiva, os dados demográfico-sanitários e as variáveis geoambientais do carste (CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002; GEOBAHIA, s.d.) compõem a base empírica deste estudo. Essa integração permite avaliar o reúso como uma alternativa condicionada pela demanda urbana, vulnerabilidade do meio físico e capacidade institucional de controle, conforme sintetizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Indicadores públicos que sustentam a análise do caso de Iraquara-BA

Dimensão	Dado público validado	Implicação para o reúso agrícola
Território e população	991,821 km²; 23.879 habitantes em 2022; 24.833 estimados em 2025 (IBGE, 2025).	Demanda permanente por saneamento e gestão hídrica.
Saneamento existente	12.111 habitantes urbanos e carga de DBO de 654,0 kg/dia no diagnóstico de 2013 (ANA, 2017).	Pressão sanitária e ambiental associada ao esgotamento municipal.
Solução planejada	ETE Iraquara no Atlas Esgotos: 9.814 habitantes atendidos, 20,4 L/s e 90% de eficiência (ANA, 2017).	Necessidade de tratamento e gestão do efluente em horizonte de planejamento.
Contexto ambiental	Município inserido na APA Marimbus/Iraquara, com 125.400 ha (INEMA, s.d.).	Reforça exigências de licenciamento, controle de riscos e monitoramento.
Meio cárstico	Solo, hidrografia, aquíferos, geomorfologia, hidrogeologia, rochas carbonáticas do Grupo Una, depressões, vales secos, surgências e drenagem descontínua (GEOBAHIA, s.d.; CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002).	Exige controle de percolação, nutrientes, patógenos e águas subterrâneas.

Fonte: Sistematizado pelos autores (2026).

4.2 - Vulnerabilidade cárstica e necessidade de barreiras ambientais

A região de Iraquara é reconhecida por sua expressiva importância espeleológica e hidrogeológica. As ocorrências cársticas em rochas carbonáticas neoproterozoicas do Grupo Una, nas proximidades do rio Santo Antônio, entre Iraquara e Seabra, incluem ausência de rede contínua e organizada de canais fluviais, depressões fechadas, vales cársticos, poljes, surgências, vales secos e pontos de absorção do escoamento superficial (CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002).

A Figura 1 apresenta a localização de Iraquara-BA (a) e a síntese cartográfica de seus condicionantes hidrológico (b), pedológico (c), geomorfológico (d) e geológico (e), evidenciando a base física que sustenta a análise da vulnerabilidade hidrogeológica local. A representação espacial desses atributos demonstra que o reúso agrícola não pode ser avaliado apenas como alternativa sanitária ou agronômica, pois depende da interação entre substrato geológico, formas de relevo, solos, drenagem descontínua e possíveis rotas de infiltração e percolação.

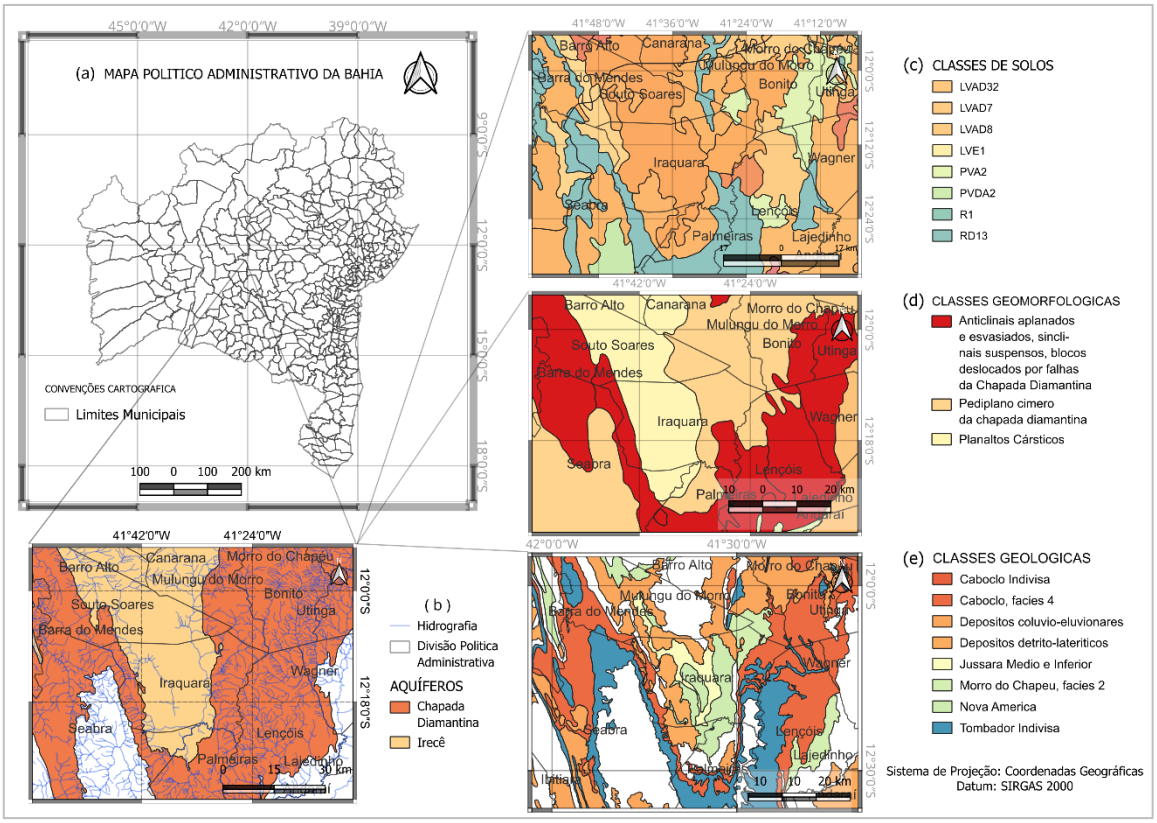


Figura 1 - Localização de Iraquara-BA (a) e mapas hidrológico (b), pedológico (c), geomorfológico (d) e geológico (e).
Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base em dados espaciais de GEOBAHIA (s.d.) via software QGIS (v. 4.0).

Essa configuração não inviabiliza o reúso agrícola, mas eleva o nível de exigência técnica. Em ambientes cársticos, o solo pode atuar como barreira física, química e biológica, desde que a taxa de aplicação, a capacidade de infiltração, a sazonalidade e a qualidade do efluente sejam compatíveis com a capacidade de retenção do sistema solo-planta; caso contrário, nutrientes, sais e microrganismos podem alcançar rotas preferenciais de percolação (CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002; AYERS; WESTCOT, 1985).

Portanto, o reúso agrícola em Iraquara deve ser concebido como sistema de múltiplas barreiras, integrando tratamento adequado, cultura compatível, irrigação controlada, proteção sanitária e ocupacional, controle de acesso, monitoramento do solo e do efluente e pontos de controle hidrogeológico. Essa abordagem articula diretrizes de uso seguro de águas residuárias, normas de reúso agrícola e recomendações de qualidade da água para irrigação às especificidades do ambiente cárstico local (WHO, 2006; BAHIA, 2010; AYERS; WESTCOT, 1985).

4.3 - Cultura agrícola, método de irrigação e limites da evidência disponível

A seleção de culturas para reúso agrícola deve priorizar aquelas em que a parte comestível não mantenha contato direto com o solo ou com a água aplicada. A modalidade agrícola e/ou florestal de

reúso exige condicionantes de cultura, método de irrigação e barreiras adicionais de proteção. A abordagem de múltiplas barreiras reforça que restrição de culturas, método de irrigação e proteção dos trabalhadores reduzem o risco sanitário (BAHIA, 2010; WHO, 2006). Nesse sentido, culturas perenes de colheita aérea tendem a apresentar melhor adequação sanitária preliminar do que hortaliças consumidas cruas ou frutos rasteiros.

A bananeira, como exemplo de cultura de elevada demanda hídrica, demanda manejo criterioso da irrigação. A irrigação dessa cultura deve considerar clima, solo, qualidade do efluente, fase fenológica, sistema radicular, método de aplicação, uniformidade de distribuição e monitoramento operacional. Entretanto, área irrigada, lâmina, espaçamento, vazão de emissores, produtividade e retorno econômico não podem ser generalizados apenas a partir da literatura; esses parâmetros dependem de projeto agronômico e dados de campo, não sendo assumidos como resultados deste estudo (COELHO, 2012; AYERS; WESTCOT, 1985; ALMEIDA, 2010).

4.4 - Matriz técnico-científica de decisão para implantação monitorada

A matriz técnico-científica proposta sintetiza os requisitos mínimos para transformar a hipótese de reúso agrícola em decisão técnica verificável. Mais do que quadro de recomendações, ela funciona como ferramenta de triagem técnico-institucional, orientada a avaliar se uma proposta dessa natureza reúne condições para avançar da fase documental para uma operação piloto monitorada. A matriz não substitui projeto, licenciamento ou monitoramento de campo; sua função é organizar, em uma mesma estrutura analítica, os critérios que devem ser comprovados antes da aplicação contínua de efluentes tratados em ambiente cárstico. Assim, a avaliação deixa de se apoiar apenas na disponibilidade de efluente e passa a integrar segurança sanitária, qualidade físico-química, capacidade do sistema solo-planta, vulnerabilidade hidrogeológica, operação hidráulica e governança institucional (WHO, 2006; ASANO *et al*., 2007; AYERS; WESTCOT, 1985; BRASIL, 2009).

A Tabela 3 apresenta a matriz ampliada de decisão, estruturada por dimensões críticas, indicadores mínimos, condições de aceitabilidade, gestão do risco e bases de sustentação. Sua leitura deve ocorrer em três níveis cumulativos: autorização preliminar, operação piloto monitorada e continuidade ou ampliação. No primeiro nível, verificam-se aderência documental, licenciamento e compatibilidade territorial; no segundo, a estabilidade sanitária, edáfica, hidráulica e hidrogeológica é testada em campo; no terceiro, a ampliação somente deve ocorrer se os indicadores permanecerem estáveis e rastreáveis. Embora elaborada a partir do caso de Iraquara, a matriz pode ser adaptada a outros municípios semiáridos com aquíferos vulneráveis, desde que recalibrada segundo tratamento,

efluente, solo, cultura, irrigação, clima, feições cársticas e condicionantes ambientais (BRASIL, 2005; BRASIL, 2010; BAHIA, 2010; ANA, 2019).

Tabela 3 - Matriz técnico-científica ampliada para reúso agrícola monitorado em ambiente cárstico semiárido

Dimensão decisória	Indicadores e evidências mínimas	Condição de aceitabilidade e gestão do risco	Base de sustentação
Qualidade sanitária do efluente	E. coli ou coliformes termotolerantes; ovos de helmintos; DBO, SST e turbidez; registro de inconformidades.	Cumprir autorização ambiental e diretrizes de reúso. Operar com múltiplas barreiras, acesso restrito, EPI e comunicação sanitária. Suspender em falhas sanitárias ou operacionais.	(WHO, 2006; BRASIL, 2005; BRASIL, 2010; BAHIA, 2010).
Qualidade físico-química para irrigação	CE, RAS, Na, Cl, B, pH, nutrientes, metais, SST, ferro, dureza e risco de precipitação ou obstrução.	Classificar salinidade, sodicidade, toxicidade e infiltração. Compatibilizar lâmina, cultura, solo, filtragem e manutenção. Ajustar manejo em tendências acumulativas.	(AYERS; WESTCOT, 1985; ALMEIDA, 2010; BAHIA, 2010; ASANO et al., 2007).
Solo como barreira edáfica	Textura, densidade, infiltração, pH, matéria orgânica, CTC, CE, PST, sódio, metais, nitrato, fósforo e profundidade efetiva.	Definir marco zero e séries periódicas. Aplicar abaixo da capacidade de retenção e transformação do sistema solo-planta. Revisar lâmina e frequência no período chuvoso.	(BRASIL, 2009; EMBRAPA, 2018; AYERS; WESTCOT, 1985; ALMEIDA, 2010).
Aquífero cárstico e percolação	Dolinas, condutos, cavernas, surgências, vales secos e poços de controle; nitrato, CE, pH e indicadores microbiológicos subterrâneos.	Exigir avaliação hidrogeológica e pontos de controle. Evitar conexão rápida superfície-aquífero. Suspender diante de alteração persistente.	(CRUZ JÚNIOR, 1998; LAUREANO; CRUZ, 2002; BRASIL, 2009; ANA, 2019).
Cultura agrícola e exposição alimentar	Tipo de cultura, parte consumida, contato água-produto, calendário de colheita, trabalhadores e público externo.	Priorizar culturas perenes ou de colheita aérea e menor contato com efluente. Restringir culturas cruas ou de contato solo/água, salvo exigências específicas.	(WHO, 2006; BAHIA, 2010; COELHO, 2012).
Irrigação localizada e operação hidráulica	Método localizado; uniformidade; lâmina; turno; pressão; filtragem; SST, algas e biofilme; manutenção; volume aplicado.	Aplicar lâminas compatíveis com evapotranspiração, solo e estação. Evitar escorrimento, aerossóis, encharcamento e percolação. Manter filtragem e lavagem de linhas.	(ASANO et al., 2007; AYERS; WESTCOT, 1985; COELHO, 2012).
Governança institucional e rastreabilidade	Licença/autorização; responsável técnico; plano de operação; registros analíticos; capacitação; comunicação; responsabilidades dos atores.	Iniciar somente com ato autorizativo, monitoramento, reporte e responsabilidades definidos. Prever auditoria, rastreabilidade e resposta a inconformidades.	(BRASIL, 2005; BRASIL, 2010; BAHIA, 2010; ANA, 2019).
Níveis de decisão e interrupção preventiva	Nível 1: autorização preliminar. Nível 2: piloto monitorado. Nível 3: continuidade/ampliação. Gatilhos: CE/RAS/PST, nitrato, metais, E. coli/helmintos, falhas, queixas e poços.	Autorizar com base documental e licenciamento. Operar piloto monitorado. Ampliar após estabilidade sanitária, edáfica e hidrogeológica. Suspender em inconformidades.	(WHO, 2006; ANA, 2019; BRASIL, 2009; BAHIA, 2010).

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

4.5 - Governança, monitoramento e contribuição regional

O caso de Iraquara contribui para o debate regional ao demonstrar que o reúso agrícola no semiárido não deve ser decidido pela simples disponibilidade de efluente. As dimensões da matriz, qualidade sanitária, qualidade físico-química, solo, aquífero, cultura, irrigação, governança e interrupção preventiva, devem ser tratadas como critérios cumulativos de decisão, e não como itens

compensatórios. A alternativa, portanto, exige arranjo integrado entre saneamento, recursos hídricos, agricultura, saúde pública, hidrogeologia e gestão territorial (ANA, 2019; WHO, 2006; ASANO *et al.,* 2007).

A governança deve definir responsabilidades entre prestador de saneamento, órgão ambiental, poder público municipal, agricultores e assistência técnica. O prestador deve garantir rastreabilidade do tratamento; o órgão ambiental deve estabelecer condicionantes; os usuários agrícolas devem operar conforme plano agronômico; e o poder público local pode apoiar capacitação, controle de acesso e pactuação social. Sem essa divisão, o reúso tende a tornar-se prática informal e vulnerável a conflitos de responsabilidade (BRASIL, 2005; BRASIL, 2010; BAHIA, 2010; ANA, 2019).

A implantação deve ocorrer como piloto monitorado, com metas de aprendizagem e gatilhos de interrupção preventiva. O desempenho deve ser avaliado pela estabilidade da qualidade do efluente, do solo e dos pontos de controle subterrâneo, pela ausência de tendências de salinização ou sodificação, pela proteção dos trabalhadores e pela aceitação social. Nessa perspectiva, a matriz reposiciona o reúso como tecnologia de segurança hídrica condicionada por evidências, e não como solução automática de descarte (WHO, 2006; BRASIL, 2009; BAHIA, 2010; ANA, 2019).

5 – CONCLUSÕES

A análise indica que Iraquara-BA reúne condicionantes que tornam o reúso agrícola de efluentes tratados uma alternativa tecnicamente pertinente para a agenda de segurança hídrica, demanda de saneamento, inserção em área de proteção ambiental, baixa continuidade de drenagens superficiais, presença de ambiente cárstico e necessidade de proteção das águas subterrâneas.

Os dados oficiais do IBGE e do Atlas Esgotos sustentam a existência de demanda territorial e sanitária relevante, enquanto os estudos sobre o carste de Iraquara demonstram que o meio físico exige cautela superior à de áreas sem conectividade subterrânea expressiva. Assim, a viabilidade do reúso não depende apenas da disponibilidade de efluente tratado, mas da combinação entre qualidade do tratamento, cultura escolhida, método de irrigação, barreiras sanitárias, controle de salinidade, licenciamento, rastreabilidade operacional e monitoramento hidrogeológico.

A principal contribuição do artigo é a proposição de uma matriz técnico-científica de triagem e decisão para reúso agrícola monitorado em ambiente cárstico semiárido. Essa matriz permite distinguir evidências amparadas por fontes públicas e validadas de parâmetros a serem demonstrados em projeto executivo, licenciamento e monitoramento de campo, operando em três níveis cumulativos: autorização preliminar, piloto monitorado e continuidade ou ampliação. A matriz,

portanto, reforça que o reúso agrícola deve ser tratado como tecnologia condicionada por evidências, governança e proteção hidrogeológica, e não como simples alternativa de descarte.

6-REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. (2017). *Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas - relatório de esgotamento sanitário municipal: Iraquara/BA*. ANA, Brasília.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. (2019). *Plano Nacional de Segurança Hídrica*. ANA, Brasília.

ALMEIDA, O. A. (2010). *Qualidade da água de irrigação*. Embrapa, Brasília, DF.

ASANO, T.; BURTON, F. L.; LEVERENZ, H. L.; TSUCHIHASHI, R.; TCHOBANOGLOUS, G. (2007). *Water reuse: issues, technologies, and applications*. McGraw-Hill, New York.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. (1985). *Water quality for agriculture*. FAO, Rome. FAO Irrigation and Drainage Paper, 29.

BAHIA. Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH. (2010). *Resolução nº 75, de 29 de julho de 2010. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal no Estado da Bahia*. Salvador.

GEOBAHIA. Sistema de informações geográficas ambientais do Estado da Bahia. Salvador: INEMA, [s.d.]. Disponível em: https://www.ba.gov.br/inema/geobahia. Acesso em: 25 jan. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. (2005). *Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água*. Brasília, DF.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. (2010). *Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal*. Brasília, DF.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. (2009). *Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e diretrizes para gerenciamento ambiental de áreas contaminadas*. Brasília, DF.

COELHO, E. F. (2012). *Irrigação da bananeira*. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas.

CRUZ JÚNIOR, F. W. (1998). *Aspectos geomorfológicos e geoespeleologia do carste da região de Iraquara, centro-norte da Chapada Diamantina, Estado da Bahia*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5. ed. Embrapa, Brasília, DF.

HESPANHOL, I. (2002). "Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(4), pp. 75-95.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2025). *Cidades e Estados: Iraquara*. IBGE, Rio de Janeiro.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - INEMA. (s.d.). *APA Marimbus/Iraquara*. INEMA, Salvador.

LAUREANO, F. V.; CRUZ, F. W. (2002). "Grutas de Iraquara (Iraquara, Seabra e Palmeiras), BA: um dos principais sítios espeleológicos do Brasil", in *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Org. por Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M. e Berbert-Born, M. L. C., DNPM/CPRM, Brasília, pp. 461-468.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture*. WHO, Geneva.