

A Tecnologia Social e suas contribuições para o desenvolvimento da resiliência climática no semiárido potiguar.

Social Technology and its contributions to the development of climate resilience in the semi-arid region of Rio Grande do Norte.

Marcos Vinicius Gomes¹, Sandra Rufino²

<https://orcid.org/0009-0005-1015-9255>, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, s/n, Natal, RN, 59078-970, Brazil¹

<https://orcid.org/0000-0002-5047-1041>, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Avenida Senador Salgado Filho, s/n, Natal, RN, 59078-970, Brazil²

RESUMO:

As mudanças climáticas há algum tempo ultrapassam a esfera científica usual e penetram no cotidiano socioterritorial, influenciando diretamente a vida das populações, especialmente em regiões vulneráveis como o semiárido brasileiro. Diante desse cenário, iniciativas de Tecnologia Social (TS) e Inovação Social, ganham destaque por seu potencial de promover a resiliência em comunidades, cujas fragilidades são amplificadas dentro desse emergente contexto. O presente trabalho tem como intuito descrever as TS desenvolvidas e aplicadas pela incubadora de tecnologias sociais Engenheiros Sem Fronteiras (ESF-Natal), ligada a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e como elas podem colaborar para a construção do conceito de resiliência climática, principalmente em comunidades rurais do semiárido do Rio Grande do Norte (RN). A metodologia do artigo é baseada em uma abordagem qualitativa, com enfoque em um estudo de caso. Os resultados obtidos revelam a identificação de impactos ambientais, socioeconômicos e científicos/tecnológicos positivos para as famílias usuárias das tecnologias sociais, assim como para os integrantes do projeto. Dentre os principais contributos para a resiliência climática, destacam-se a adoção de práticas de convívio com a seca, a promoção da conscientização ambiental e a melhoria da segurança alimentar e nutricional. No entanto, evidencia-se a necessidade de implementar um sistema de monitoramento e avaliação a longo prazo das tecnologias implementadas, a fim de garantir a sustentabilidade das iniciativas e permitir uma análise aprofundada de sua efetividade ao longo do tempo.

Palavras-Chaves: Tecnologia Social. Mudanças Climáticas. Adaptação Climática. Resiliência Climática. Semiárido

ABSTRACT

Climate change has for some time gone beyond the usual scientific sphere and penetrated socio-territorial daily life, directly influencing the lives of populations, especially in vulnerable regions such as the Brazilian semi-arid region. Given this scenario, Social Technology and Social Innovation initiatives stand out for their potential to promote resilience in communities, whose weaknesses are amplified within this emerging context. The present work aims to describe the ST developed and applied by the social technology incubator Engenheiros Sem Fronteiras (ESF-Natal), linked to the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), and how they can contribute to the construction of the concept of climate resilience, mainly in rural communities in the semi-arid region of Rio Grande do Norte (RN). The article's methodology is based on a qualitative approach, focusing on a case study. The results obtained reveal the identification of positive environmental, socioeconomic and scientific/technological impacts for families using social technologies, as well as for project members.

Among the main advances, the adoption of practices to deal with drought, the promotion of environmental awareness and the improvement of food and nutritional security stand out. However, there is a clear need to implement a long-term monitoring and evaluation system for implemented technologies, in order to guarantee the sustainability of initiatives and allow an in-depth analysis of their effectiveness over time.

Keywords: Social Technology. Climate Change. Climate Adaptation. Climate Resilience. Semi-arid

INTRODUÇÃO:

As mudanças climáticas, entendidas como as alterações significativas e duradouras nos padrões climáticos globais e regionais, têm se consolidado como um fenômeno de extrema relevância no cenário científico e social contemporâneo. Esse fenômeno é impulsionado, em grande parte, pelas atividades antrópicas que têm promovido o aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, resultando em alterações na temperatura média global, no regime pluviométrico e na frequência de eventos climáticos extremos. Em um amplo sentido, Blank (2015, p. 161) conclui que a mudança climática “[...] é uma mudança atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altere a composição da atmosfera global e que seja adicional à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis de tempo.”

Marengo (2008) aponta que no contexto do nordeste brasileiro, as mudanças climáticas tendem a agravar, especialmente, as condições socioambientais das regiões semiáridas, exacerbando problemas históricos como a seca, desertificação e da vulnerabilidade a chuvas torrenciais em um curto espaço de tempo. O autor também alerta para a possibilidade dessa zona transicionar para uma zona completamente árida e, por consequência, impactar significativamente os âmbitos alimentares, de saúde e sanidade da população. Para fins de contextualização, o Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2011, p. 6) descreve a região semiárida da seguinte maneira:

compreendendo 969.589,4 km² ou 11% do território nacional, é caracterizada pelas elevadas médias anuais de temperatura (27 °C) e evaporação (2.000 mm), com precipitações pluviométricas de até 800 mm ao ano, concentradas em três a cinco meses e irregularmente distribuídas no tempo e no espaço. No geral, o solo é raso, com localizados afloramentos de rocha e chão pedregoso. Decorre da combinação desses elementos um balanço hídrico negativo em grande parte do ano, presença de rios e riachos intermitentes e ocorrência de secas periódicas e avassaladoras.

Além disso, previsões do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) indicam uma redução aproximada de 30% na precipitação e um aumento de

temperatura de 3°C a 4°C globais, com algumas regiões do semiárido brasileiro podendo alcançar temperaturas superiores a 40°C durante o verão, desenhando um cenário futuro alarmante para as comunidades que já enfrentam condições adversas. Paralelamente a esses desafios, alguns autores atestam que as soluções tecnológicas desenvolvidas para mitigar as mudanças climáticas não vem se mostrando eficazes na garantia da resiliência das populações vulneráveis, com dilemas convergentes entre as estratégias de mitigação e adaptação (Milhorange *et al.*, 2019). Enquanto a mitigação busca reduzir a severidade dos efeitos das mudanças climáticas, a adaptação foca em antecipar e lidar com os impactos inevitáveis ou que não podem ser prevenidos. (Giulio; Martins; Lemos, 2016).

Essa ineficiência pode ser associada ao paradigma da modernidade, no qual para Silva (2003, p.12), “o semi-árido é visto a partir de uma perspectiva utilitarista de ocupação e de aproveitamento de seus recursos, transformando-os em riquezas”. Ainda segundo o autor, a lógica reducionista de combate a seca do semiárido opera no sentido de manutenção do controle da região, ao invés de promover um desenvolvimento sustentável e integrado que considere as especificidades e potencialidades locais.

Dessa forma, ao buscar alternativas que desafiem o sistema hegemônico de gestão do semiárido e coadunam com o enfrentamento às mudanças climáticas que já o afetam e tendem a se intensificar, surge a relevância do conceito de Tecnologia Social (TS). De acordo com Souza e Pozzebon (2020, p.234) as TS podem ser compreendidas:

como o resultado de um processo político de reconfiguração sociotécnica, através do qual práticas sociais mobilizam métodos e ferramentas desenvolvidas com o objetivo de promover transformações sociais que ajudam a resolver problemas e atender necessidades relacionadas à exclusão.

Integradamente, Dagnino (2004, p. 43), ao discorrer sobre o marco analítico-conceitual da TS e correlaciona-la com a Inovação Social, destaca que essa “não pode ser pensada como algo que é feito num lugar e utilizado em outro, mas como um processo desenvolvido no lugar onde essa tecnologia vai ser utilizada, pelos atores que vão utilizá-la.” Outrossim, dentre os critérios de descontinuidade do circuito técnico econômico convencional, necessários para o alcance futuro da TS, estão: a capacitação autogestionária e a participação democrática no processo de trabalho (Dagnino, 2004). Esses destaques são notáveis para este trabalho por incluírem o usuário como aspecto fundamental no desenvolvimento dessas tecnologias, assim como as condições territoriais que o permeiam.

Seguindo os princípios esboçados, a incubadora de tecnologias sociais ESF-Natal, da UFRN, vem desenvolvendo ações de Inovação e Tecnologia Social em quatro eixos: Sustentabilidade, Educação, Gestão e Empreendedorismo, possuindo como principal missão a promoção do desenvolvimento humano e sustentável através da engenharia.

Mediante o exposto, neste estudo, são examinados os projetos desenvolvidos dentro do eixo Sustentabilidade (Biodigestor, Floema e Saneamento Fértil), com o objetivo de analisar as correlações dessas tecnologias com a construção da resiliência climática no semiárido potiguar. Dentre os objetivos específicos, pretende-se: a) elencar possíveis contribuições às comunidades rurais contempladas com as TS e b) pontuar práticas factíveis de aprimoramento para a maximização dos resultados.

No trabalho, explora-se inicialmente a correlação entre as atividades da incubadora e os princípios da Engenharia Popular e da Extensão Universitária, evidenciando como essas iniciativas se entrelaçam dentro do panorama contemporâneo. A discussão avança para a resiliência climática, abordando suas perspectivas e implicações para o desenvolvimento sustentável em contextos vulneráveis, como o semiárido, para assim apresentar o conceito de convívio com a seca, um pilar do eixo de sustentabilidade, que reconhece a seca como uma condição a ser gerida de forma positiva, por meio de práticas que favoreçam a conservação de recursos hídricos e a agroecologia. A seção seguinte assume um teor descritivo a respeito das TS trabalhadas, que servirá, junto às teorias levantadas, como embasamento para os resultados e conclusões.

TEORIAS, FUNDAMENTOS E OPERACIONALIZAÇÃO DA INCUBADORA DE TECNOLOGIAS SOCIAIS ESF-NATAL

A construção de uma Engenharia Popular por meio da Extensão Universitária e Desenvolvimento Tecnológico Social.

Ao longo da história, a engenharia é creditada por desempenhar um importante papel para a evolução das civilizações, ganhando destaque pela realização de feitos desde a construção dos aquedutos romanos e das enigmáticas pirâmides egípcias até as tecnologias modernas de alta impacto no mundo globalizado. Sapunarú (2016, p. 42) ao recapitular a história da engenharia e do seu ensino salienta que a medida que a tecnologia avança e se torna mais complexa, a engenharia se dedica ao estudo e aplicação de conhecimentos científicos, como matemática, física, química e expressão gráfica, para resolver problemas e criar soluções inovadoras.

Atualmente, as engrenagens da engenharia estão intrinsecamente ligadas ao mantimento da organização sociotécnica capitalista, onde predomina a ótica de uma engenharia puramente produtiva (Antunes, 2009). Essa inserção levanta indagações sobre a natureza dos problemas que a engenharia contemporânea aborda e para quem são destinadas suas soluções. Será que a engenharia pode, simultaneamente, atender às demandas da produção capitalista enquanto fomentam avanços sociais? Ou a dialética entre o econômico-tecnicista e o social segue uma lógica irreconciliável?

Para divisar possíveis respostas, é importante ter em mente do que se trata um desenvolvimento verdadeiramente social dentro da engenharia. Nesse sentido, Alvear, Cruz e Miranda (2017, p.190) dizem que isso ocorre “quando a redução das desigualdades sociais, a melhoria de vida e o “social” não são vistos como algo secundário no desenvolvimento técnico.” Os autores, ao analisarem também as diferentes visões da engenharia, apontam para uma até então coadjuvante, mas com avanços consideráveis no contexto brasileiro: a engenharia militante, a qual considera as necessidades dos movimentos sociais e grupos de base em seu fazer processual. Ou seja, é exigido (ou deveria-se exigir) para sua realização, que o engenheiro contemporâneo, além de dominar habilidades técnicas, fosse sensível às complexidades sociais, comprometendo-se com uma visão mais humanista de seu papel. É nesse equilíbrio marginal entre o avanço técnico e o compromisso ético que reside o caminho para uma engenharia voltada para a transformação social e a superação das desigualdades. Uma das expressões dessa visão, na América Latina, é a chamada Engenharia Popular (EP).

A vertente introduzida deriva do movimento das Engenharias Engajadas, termo guarda-chuva que abrange diversas iniciativas alternativas de atuação e ensino do campo tecnológico. Suas diligências recaem sobre demandas como: projetos de impacto social, com a inclusão de grupos vulnerabilizados e marginalizados; pela busca de uma maior integração entre a extensão e a justiça social, repensando o papel do ensino e da pesquisa; por novas vertentes tecnológicas e o redesenho tecnológico com valores comunitários (Kleba, 2017).

A EP, por reconhecer o fracasso do capitalismo na promoção da equidade e justiça social, diferencia-se por possuir princípios norteadores abrangentes, voltados para uma luta anticapitalista. Esses princípios são elencados por Vasconcellos e outros (2020), a partir da visão da Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá (REPOS): a educação popular; autogestão; justiça social e ambiental; feminismo, antirracismo e contra LGBTfobia; cuidado com a vida; valorização da cultura em sua diversidade e valorização e diálogo entre os diversos saberes (populares, tradicionais e acadêmicos). Não obstante, é importante pontuar sobre seu funcionalismo, o qual muito se interconecta com dois termos explorados neste trabalho, pois:

“A engenharia popular, no modo como seus primeiros praticantes a realizarão, será uma atividade executada a partir da **extensão universitária**, tendo como objetivo a co-construção, junto a grupos populares, de **tecnologias sociais**” (Cruz e Miranda 2020, p.33, grifo nosso). Portanto, para a concepção de Engenharia Popular retratada, existe sim uma contradição irrevogável sobre a atual ordem sociotécnica do mundo capitalista e as necessidades populares, tornando-se necessárias as formas alternativas e não conformistas da engenharia, as quais permitem experienciar utopias (Cruz; Alvear e Vasconcellos, 2020).

À vista disso, o Engenheiros Sem Fronteiras, através de alguns dos seus núcleos locais, é uma das organizações que constroem a Engenharia Popular no Brasil. No caso do capítulo potiguar (ESF-Natal), este surge dentro da UFRN em 2012 como incubadora de tecnologia social, realizando atividades de extensão tecnológica, por iniciativa de alunos do curso de engenharia civil. Em 2024, 11 anos depois, contempla estudantes de diversos cursos, inclusive, fora da engenharia. É notadamente acreditado que a transformação social é feita com a união de diferentes saberes e, por isso, valoriza-se as perspectivas inter, multi e transdisciplinar do conhecimento. Nesse contexto, a EP, ao atuar como articuladora das Tecnologias Sociais, reconhece o papel crucial da extensão universitária, sendo um meio eficaz para desenvolver e viabilizar suas atividades. Essa forma de atuação é relevante porque:

A iniciativa socioproductiva, própria das Tecnologias Sociais, faz com que as universidades não limitem suas ações na produção apenas de Tecnologias Convencionais e mercadológicas. Por meio das incubadoras, pode-se colocar as Tecnologias Sociais em prática, considerando que as próprias metodologias de incubação de diversas iniciativas, em diferentes áreas, são dessas tecnologias. A iniciativa do estudante pode mostrar como é possível criar um ambiente em que a compreensão coletiva dos problemas e das soluções se viabilizam pela proatividade, protagonismo e consciência comunitária. (Rios; Lima, 2016, p.99).

O contraste entre Tecnologias Convencionais (TC) e Tecnologias Sociais (TS), conceitos citados acima, é essencial para uma compreensão crítica das interações entre conhecimento, poder e desenvolvimento social. As TC, dominadas por interesses corporativos, especialmente das grandes multinacionais, tendem a reproduzir lógicas de produção e consumo que priorizam a maximização do lucro em detrimento das necessidades locais e das relações sociais. Em contraposição, as TS emergem como práticas que se imbricam profundamente nas realidades das comunidades, buscando construir soluções para e junto os sujeitos locais (Novaes *et al.*, 2009).

Portanto, a conexão dos estudantes de engenharia com a extensão universitária é valiosa na formação de sujeitos críticos e na materialização dos princípios de TS e EP. A inserção na extensão como exercício pragmático e processo dialético, torna o estudante simultaneamente sujeito e objeto do conhecimento, articulando teoria e prática em um movimento de práxis. No caso do ESF-Natal, essa interação se fortalece, ao proporcionar um ambiente multidisciplinar, no qual diversas áreas do saber convergem para o desenvolvimento de projetos que contemplam as necessidades reais da sociedade.

Acerca da operacionalização, a incubadora atualmente vem erigindo seis ações, dentro de seus eixos:

Eixo Educação

- **Ação 1 Robótica Física:** Implementação de atividades voltadas para crianças, adolescentes e professores nas escolas da rede pública, com foco em robótica e física, visando a difusão da ciência e tecnologia para estimular o interesse discente pela área da engenharia.

Eixo Sustentabilidade

- **Ação 2 Biodigestor:** Desenvolvimento e instalação de sistemas de biodigestores em comunidades rurais, com o objetivo de gerar biogás e biofertilizante.
- **Ação 3 Floema:** Projeto para o desenvolvimento de sistemas agroflorestais, construindo mutuamente a segurança alimentar e nutricional, bem como oferecendo formação e suporte técnico a agricultores familiares, integrando práticas de cultivo sustentável.
- **Ação 4 Saneamento Fértil:** Implementação de sistemas de fossas sépticas biodigestoras e técnicas de reúso de água para irrigação na agricultura, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Eixo Empreendedorismo e Gestão

- **Ação 5 Lean:** Formação de profissionais da educação com as atividades de apoio (diretoria, secretaria, portaria, alimentação escolar, biblioteca, laboratório de informática, serviços gerais entre outros) de escolas públicas na aplicação de princípios do lean education e office, fomentando inovação social e eliminação de desperdícios para agregar valor às práticas educacionais.

- **Ação 6 Rede:** Articulação e fortalecimento de empreendimentos econômicos solidários liderados por mulheres, com foco na consolidação de uma rede de confecção solidária.

Neste artigo, põe-se em locus as ações do eixo sustentabilidade, mas com a validação de que a incubadora não se resume a eles e corrobora também de diversas outras formas para desenvolvimento tecnológico social e na construção cotidiana da Engenharia Popular.

Resiliência Climática: um caminho possível para a convivência com o semiárido.

As mudanças climáticas configuram-se como uma das mais prementes e complexas problemáticas globais da contemporaneidade. O fenômeno resulta de um modelo de desenvolvimento industrial predatório que tem exacerbado a degradação ambiental, aumentando constantemente os rejeitos do processo produtivo e pressionado os sistemas naturais além de seus limites regenerativos (Costa, 2014). Nessa conjuntura, a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) lançou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, um plano de ação que contempla 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS 13, em particular, intitulado "Ação contra a Mudança Global do Clima", visa fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa frente aos riscos climáticos e catástrofes naturais, além de integrar as medidas de mitigação e adaptação nas políticas, estratégias e planos nacionais (ONU, 2015). Entretanto, infelizmente, os avanços em direção a esses objetivos têm sido desiguais e insuficientes.

Diante do agravamento das mudanças climáticas e seus impactos crescentes, o conceito de resiliência climática surge como uma resposta à adaptação de comunidades e ecossistemas. A resiliência climática refere-se à capacidade de resistir, adaptar-se e transformar-se frente às adversidades climáticas, garantindo a sustentabilidade a longo prazo (IPCC, 2014). Estudos como os de Adger e Kelly (1999), que delineiam um modelo conceitual de vulnerabilidade às mudanças climáticas, indicam que a capacidade de lidar com estresses climáticos está intimamente relacionada à estrutura das relações econômicas e aos direitos de acesso a recursos. De forma complementar, Pelling (2011) propõe que a resiliência é também uma questão de justiça social, onde as desigualdades estruturais, as quais exacerbam os efeitos do clima, são confrontadas por meio de estratégias de adaptação física, participação política e o empoderamento das populações afetadas. Por outro lado, Folke *et al.* (2016) defende o

conceito como parte da socioecologia, a qual enfatiza uma coevolução entre os sistemas humanos e ecológicos, reforçando a interdependência entre esses.

Consoante a isso, a resiliência climática assume grande relevância para o semiárido brasileiro à medida que as mudanças climáticas intensificam os desafios estruturais e ambientais da região, caracterizados por fenômenos como a desertificação, a escassez hídrica e a degradação dos solos.

A desertificação, um dos principais impactos climáticos no semiárido, resulta da combinação de fatores naturais e antrópicos, como o uso insustentável do solo, a extração excessiva de recursos, a ausência de práticas adequadas de manejo e a seca prolongada (Sá *et al.*, 2010). Nesse cenário, a resiliência climática deve ser vista como uma resposta estratégica que visa a adaptação a esses fenômenos e, sobretudo, a transformação das condições socioambientais perpetuantes de vulnerabilidade. Assim, um caminho possível dentro das práticas resilientes é a mudança de um paradigma de combate à seca, para uma abordagem de convívio com a seca.

O trabalho de Silva (2003) explora as contradições desses dois paradigmas de desenvolvimento no semiárido brasileiro. O combate, tradicionalmente adotado, é fundamentado em uma abordagem tecnicista e utilitarista, que vê a natureza como um obstáculo a ser superado e promove grandes obras hidráulicas, muitas vezes monopolizadas pelas elites locais, perpetuando a pobreza e a dependência. Em contraste, o paradigma da convivência propõe um desenvolvimento sustentável baseado no respeito às características ambientais e no fortalecimento das potencialidades locais, integrando práticas como a captação de água de chuva e a agroecologia, promovendo a adaptação ao ambiente e o empoderamento das comunidades. Essa abordagem se consolidou a partir dos anos 1980 com o apoio de movimentos sociais e organizações que visam romper com a "indústria da seca" e construir alternativas que garantam a resiliência e a qualidade de vida no semiárido.

Uma das principais características da convivência com o semiárido é a descentralização das Tecnologias Sociais, que são acessíveis, preferencialmente de baixo custo e facilitadas junto a diferentes setores da sociedade. A construção de cisternas, por exemplo, tem sido uma tecnologia fundamental para garantir o armazenamento de água de chuva para consumo humano e para a agricultura de subsistência. O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), coordenado pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), é um exemplo de sucesso na disseminação dessas tecnologias, contribuindo para a autonomia das famílias em relação à gestão dos recursos hídricos e para a mitigação dos impactos das secas (Santos, 2016).

Outro aspecto relevante para a resiliência climática no semiárido está relacionado às práticas agroecológicas, que combinam saberes tradicionais com inovações tecnológicas sustentáveis. Conforme sistematizado por Milhomens (2021), a agroecologia no semiárido é uma ferramenta potente para fortalecer a resiliência das comunidades, seguindo o raciocínio de interdependência entre resiliência social e ecológica. A agroecologia suscita o uso de cultivares adaptados ao clima local e a diversificação das culturas, reduzindo a dependência de insumos externos e favorecendo a regeneração dos solos. Além disso, técnicas como o manejo ecológico de solo e a criação de barragens subterrâneas têm permitido o armazenamento de água e nutrientes, garantindo maior produtividade mesmo em períodos de longa estiagem.

A convivência com o semiárido também envolve o fortalecimento das redes de cooperação e solidariedade entre as comunidades locais, pois, através da troca de experiências e a formação de lideranças comunitárias, é possível provocar o empoderamento social e a construção de soluções coletivas. A participação ativa das comunidades no desenvolvimento e na implementação de tecnologias e práticas sustentáveis tem sido um fator essencial para o sucesso dessas iniciativas, como evidenciado por Freire (2020) e Matte Junior; Dill (2024), que destacam o papel das associações de agricultores e das cooperativas no fortalecimento das iniciativas locais.

Dessa forma, o ESF-Natal também busca trabalhar os conceitos abordados, operando para formar e empoderar as populações locais, integrando conhecimentos e práticas que favorecem a resiliência e a justiça socioambiental em face às adversidades climáticas.

METODOLOGIA

Buscando o alcance desses propósitos, a metodologia empregada engloba uma abordagem qualitativa por possuir como alicerce o entendimento fenomenológico a partir de análises indutivas. Para Flick (2009), os aspectos essenciais de uma pesquisa qualitativa também incluem, para além da indução, o pesquisador, suas subjetividades, bem como daqueles que estão sob estudo, como parte do processo de produção de conhecimento. Quanto ao objetivo, esse é exploratório descritivo, pois se debruça no conhecimento de um assunto com demasiada profundidade e integra características descritivas ao identificar, relatar e comparar variados conceitos (Raupp; Beuren, 2006). A pesquisa descritiva também proporciona como contribuição novas visões sobre um fenômeno e parte da premissa de que as práticas podem ser melhoradas por meio da observação objetiva (Nunes; Nascimento; Alencar, 2016).

Ademais, baseia-se em um estudo de caso, cujas intenções Ventura (2007, p.384) elucida como a “investigação de um caso específico, bem delimitado, contextualizado em

tempo e lugar para que se possa realizar uma busca circunstanciada de informações.” Como fontes de dados, utilizaram-se os relatórios de ações produzidos pelo eixo, os arquivos internos do ESF-Natal e as experiências empíricas vivenciadas durante a coconstrução coletiva das TS, a partir de uma lógica colaborativa junto às comunidades usuárias. Para embasamento dos resultados, são utilizadas correlações entre os contributos alcançados pelas TS e as metas do ODS 13, em especial a 13.1, pois discorre sobre a resiliência e a adaptação climática.

TRAJETÓRIAS DE SUSTENTABILIDADE NO SEMIÁRIDO

Embora o conceito de sustentabilidade seja amplamente popularizado, ele comporta diversas interpretações e demagogias, dependendo da perspectiva em que é inserido. Para Longo *et al.* (2016), as concepções tradicionais de sustentabilidade são limitadas pela "visão pré-analítica" que naturaliza as relações capitalistas, tratando o crescimento econômico como inevitável e necessário, impedindo uma discussão aprofundada sobre os impactos destrutivos do capitalismo nos ecossistemas. O autor também critica a forma como o conceito de desenvolvimento sustentável é frequentemente utilizado, apontando para sua cooptação pelo sistema capitalista e associação a um mecanismo de "lavagem verde" (*greenwashing*), onde as questões ambientais são supérfluas, sem questionar os fundamentos econômicos e sociais que perenizam a degradação ambiental.

Sob esse ponto de vista, a sustentabilidade não deveria se resumir à implementação de práticas "verdes" por empresas ou governos, pelo contrário, ela deveria buscar uma transformação estrutural do sistema econômico, colocando em primeiro plano os interesses das comunidades populares e temas emergentes como a justiça socioambiental. Portanto, é importante reconhecer que “pensar a sustentabilidade em uma sociedade tão diversa e desigual como a brasileira requer equacioná-la impreterivelmente à diversidade cultural, à democratização do acesso aos recursos naturais e à distribuição dos riscos da produção industrial” (Zhour, 2008, p.104). Nessa linha, Leff (2009) aborda a indispensabilidade de uma ecologia política que resista às dinâmicas predatórias do capitalismo, propondo alternativas que fortaleçam a autonomia das populações marginalizadas e preservem os recursos naturais de maneira equitativa.

A Tecnologia Social é relevante na esfera sustentável por também incluir a crítica a esse atual paradigma tecnológico no qual a natureza é mais um fator de produção a ser explorado para o mantimento do capitalismo (Addor; Curi Filho, 2024). Conforme proposto pelos autores ao sistematizar os princípios da TS em nove parâmetros (Finalidade; Dinâmica de geração; Modo de adequação técnica-cultural; Forma de organização do trabalho; Relação

com a natureza; Relação com a diversidade; Forma de acesso; Visão de política pública dominante; Perspectiva de continuidade), as experiências do eixo sustentabilidade da incubadora se situariam, principalmente, dentro dos parâmetros de Relação com a Natureza e de Adequação Sociotécnica, os quais buscam, respectivamente, uma relação sadia com a natureza e a valorização das diversas formas de saberes ao longo do processo de criação da tecnologia, inclusive o de apropriação.

É dentro dessa estruturação que o ESF-Natal trata a sustentabilidade e a desenvolve no eixo homônimo trabalhado nesta seção. Até o momento, foram realizadas 121 instalações de sistemas de Tecnologia Social por meio do eixo sustentabilidade, sendo 70 sistemas de tratamento de esgoto e 51 biodigestores, ambas soluções contribuintes para a preservação dos recursos hídricos e a redução da emissão de gases de efeito estufa.

Além dessas tecnologias já implementadas, o ESF-Natal encontra-se em processo de implementação de uma Unidade Técnica Demonstrativa de Sistema Agroflorestal (SAF), inicialmente com uma propriedade da agricultura familiar que já utiliza os outros dois sistemas de Tecnologia Social. Está na fase de formação dos agricultores (da propriedade e dos vizinhos a propriedade) e visa integrar práticas de permacultura com a conservação ambiental. A ideia é conseguir integrar os três projetos e assim maximizar seus contributos para as famílias usuárias. Para fins teóricos, abaixo está a ilustração da consonância entre as tecnologias sociais do eixo (Figura 1):

Figura 1 - Eixo Sustentabilidade



Fonte: Arquivos internos ESF-Natal (2023)

Esta seção, após essa teorização, se propõe a aprofundar sobre as especificidades de cada um desses projetos, analisando os impactos socioambientais passíveis de geração e as

contribuições dessas tecnologias para o fortalecimento da resiliência comunitária frente às mudanças climáticas. Cabe ressaltar que todas essas atividades são realizadas em parceria com o Serviço de Apoio aos Projetos Alternativos Comunitários (SEAPAC), cuja expertise no trabalho com comunidades rurais e populações vulneráveis tem sido fundamental para o êxito das ações realizadas.

Biodigestor

A história do biodigestor remonta ao início do século XX, quando o processo de digestão anaeróbica foi estudado pela primeira vez em grande escala. No entanto, a ideia de capturar gases resultantes da decomposição de resíduos orgânicos para uso energético já era conhecida há séculos em pequenas comunidades. Seu surgimento está intrinsecamente ligado à agroecologia, que se fundamenta em um acervo de conhecimentos acumulados por produtores rurais, de suas práticas cotidianas e processos contínuos de experimentação (Trindade, 2022).

O funcionamento do biodigestor baseia-se na decomposição anaeróbica, na qual microorganismos decompõem matéria orgânica — como resíduos agrícolas, esterco e restos alimentares — em um ambiente sem oxigênio. Esse processo gera biogás, composto majoritariamente de metano e dióxido de carbono, que pode ser utilizado para a cocção de alimentos. Além disso, o biodigestor produz um subproduto rico em nutrientes, o biofertilizante, que pode ser utilizado na agricultura, fechando o ciclo de aproveitamento dos resíduos.

Dentre seus benefícios, está, ambientalmente, a capacidade de ser uma ferramenta para a mitigação das mudanças climáticas, visto que evitam a liberação de metano – um potente gás de efeito estufa – que seria emitido pela decomposição de resíduos em condições aeróbicas, como também o “fornecimento de combustível no meio rural mediante o biogás e adubo por intermédio do biofertilizante; valorização dos dejetos para uso agrônômico; redução do poder poluente e do nível de patógenos [...]” (Colatto, Langer, 2011, p.124).

A experiência do ESF-Natal com a implementação de biodigestores começou em 2019, quando realizou o primeiro projeto piloto na localidade de Trangola, em Currais Novos, no semiárido potiguar. Essa instalação inicial foi uma resposta à demanda por soluções de tratamento de dejetos eficientes na região. Em 2020, a pedido do SEAPAC, o ESF-Natal iniciou um processo de formação em Lajes Pintadas-RN, onde foi implementado um segundo piloto na comunidade de Malagueta, consolidando a tecnologia, que se ampliou pelo município, acumulando experiências dialógicas com as comunidades usuárias.

O modelo trabalhado pela incubadora é o Biodigestor Sertanejo, TS adaptada do modelo indiano que utiliza materiais de fácil acesso, encontrados, por exemplo, em lojas de

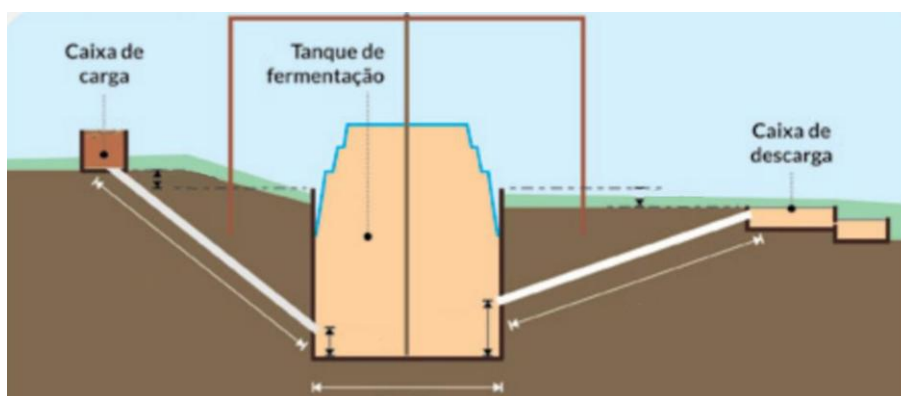
construção (Silva; Correia, 2020). Ele é constituído por uma caixa de carga, um tanque de fermentação (onde também se localiza a câmara de armazenamento de gás) e uma caixa de descarga. Na Figura 2 e 3 é possível ver a estrutura externa do biodigestor e a interna a partir de um modelo conceitual, respectivamente.

Figura 2 - Biodigestor instalado



Fonte: Arquivos internos ESF-Natal (2023).

Figura 3 - Modelo esquemático



Fonte: Arquivos internos ESF-Natal (2023)

Saneamento Fértil

O projeto surge paralelamente ao do Biodigestor, em 2019, tendo seu início no município de Boa Saúde-RN, para posteriormente também atuar na cidade de Lajes Pintadas-RN, principal área de atuação do eixo em sua totalidade. O projeto Saneamento Fértil parte da compreensão de que, em áreas rurais, há uma fonte de água não convencional nas águas

residuais que pode ser aproveitada para enfrentar dois problemas críticos: a escassez hídrica e a falta de saneamento básico adequado. Essas áreas, especialmente no semiárido brasileiro, sofrem com longos períodos de estiagem, agravados pelas mudanças climáticas, o que compromete a agricultura familiar, principal meio de subsistência local.

Seu funcionamento, em suma, é dado pela utilização de biofiltros e fossas biodigestoras, que desenvolvidos em sistemas integrados, tratam dois tipos de águas residuais distintas: a água cinza familiar, oriunda de pias, tanques e chuveiros e a água com matéria orgânica, advinda dos vasos sanitários.

Os biofiltros constituem sistemas de tratamento de águas baseados em processos físicos, químicos e biológicos, por meio dos quais as águas cinzas são filtradas por camadas de materiais como areia, cascalho e carvão vegetal ativado (Fernandes; Santos 2023). O sucesso de sua implementação como Tecnologia Social envolve dinâmicas participativas e de co-construção junto aos usuários, no sentido de empoderá-los não só para a operação e manutenção, mas também no fazer processual, incluindo práticas de conscientização ambiental e de direitos universais como a saúde sanitária (Ferreira *et al.*, 2014).

A outra tecnologia do sistema de saneamento é a fossa séptica biodigestora que consiste em unidades de tratamento anaeróbico, onde ocorre a decomposição dos resíduos orgânicos (o tratamento do esgoto doméstico), gerando um efluente líquido rico em nutrientes. Este efluente, após tratamento e análise, pode ser utilizado para fins agrícolas (Novaes *et al.*, 2002). Na figura dois se encontra a imagem do sistema instalado.

Figura 4 - Sistema do Projeto Saneamento Fértil



Fonte: Arquivos internos ESF-Natal (2022)

Floema:

O mais recente projeto do eixo nasce do potencial de interlocução entre os demais projetos com suas potencialidades de cultivo, em 2021. A proposta do projeto é integrar técnicas da permacultura na implementação de SAFs que favorecem a diversidade biológica, o equilíbrio ecológico e a produção agrícola em harmonia com o ambiente.

O termo “permacultura” deriva da ideia de “cultura permanente”, com o objetivo de criar designs agrícolas e sociais que possam se manter por longos períodos sem esgotar os recursos naturais. A permacultura foi originalmente desenvolvida por Bill Mollison e David Holmgren na década de 1970, oriunda de estudos voltados para sistemas agrícolas sustentáveis que imitam a dinâmica dos ecossistemas naturais. A permacultura promove a sustentabilidade por meio da observação da natureza e da implementação de práticas agrícolas que reduzem a dependência de insumos externos e maximizam o uso eficiente dos recursos naturais (Mollison; Slay, 1988). Seus estudiosos a resumem dentro de uma ética tripartite de cuidado com a terra, cuidado com as pessoas e partilha justa de recursos.

Nesse panorama, os Sistemas Agroflorestais trabalhados pelo projeto, buscam aplicar os princípios da permacultura. Os SAFs integram culturas agrícolas e árvores em um mesmo espaço, otimizando o uso do solo e criando uma interação simbiótica entre plantas, solos e organismos. Os SAFs oferecem múltiplos benefícios, como a proteção do solo, o sequestro de carbono e a promoção da biodiversidade (Nair, 1993).

Metodologicamente, no projeto Floema, o planejamento envolve a escolha de espécies nativas e adaptadas ao clima local, respeitando os ciclos naturais e os conhecimentos tradicionais das comunidades envolvidas, em busca de uma sinérgica integração de conhecimentos técnicos com saberes tradicionais, devido a sua comprovada essencialidade para garantir a sustentabilidade de sistemas agrícolas em regiões ecologicamente sensíveis. (Altieri, 2012).

Diferente dos demais projetos, este ainda não passou pela etapa de implantação de Unidade Técnica Demonstrativa, levando alguns períodos para o amadurecimento organizacional, estruturação de atividades e planejamento. Durante o ano de 2022 foi selecionada uma família para receber a primeira unidade técnica, todavia, posteriormente a SEAPAC informou à equipe sobre a troca de residência e o reinício das atividades de prospecção de uma nova família. Na primeira propriedade ainda chegou a ser feita a identificação das espécies vegetais nativas e cultivadas, bem como das culturas agrícolas presentes na região, a realização de uma anamnese ambiental, acompanhada de análises in loco, visando avaliar as condições edafoclimáticas, o histórico de uso do solo e os potenciais

impactos ambientais na área de implementação do sistema agroflorestal, servindo como acúmulo experimental para as próximas iniciativas.

Em 2024, com uma nova propriedade em processo de análise, o projeto aplicou um novo questionário socioeconômico, ambiental e nutricional. No tocante ao solo, foram coletadas amostras na intenção de avaliar a viabilidade de culturas de ciclos perenes. Além do mais, iniciou-se o ciclo de planejamento e prospecção para a aplicação das formações em práticas agrícolas num sistema agroflorestal e saúde nutricional, postas em práticas por rodas de conversas educativas, dinâmicas de fixação de conteúdo e práticas de campo.

RESULTADOS:

A análise da correlação entre as tecnologias sociais descritas e a construção da resiliência climática no semiárido do RN envolve a observação das condições ambientais específicas dessa região e os parâmetros globais e científicos que embasam essas associações teóricas. O principal meio utilizado foi a conclusão indutiva e a exploração descritiva desenvolvida pelas respostas a respeito dos impactos pontuados pelos próprios usuários das tecnologias.

Outrossim, os resultados observados serão analisados em consonância com as metas do ODS 13, que aborda a ação contra a mudança global do clima. A inserção dessa correlação tem o propósito de embasar a análise no contexto das políticas globais voltadas para os efeitos das mudanças climáticas e a promoção da resiliência em comunidades vulneráveis.

Os impactos atestados pelas famílias a partir da implementação dos projetos são qualitativamente significativos, tanto ambiental quanto socialmente. No aspecto ambiental, existem as hipóteses de diminuição da contaminação do solo e dos corpos d'água, redução da emissão de CO₂ pela substituição da lenha pelo biogás, diminuição do uso de agroquímicos devido ao aumento da fertilidade do solo com biofertilizantes, e uma melhor gestão hídrica que contribuiu para a redução da desertificação e conservação da biodiversidade. Socialmente, as famílias relataram melhorias na saúde, com a diminuição de problemas respiratórios e verminoses, promoção da segurança alimentar e nutricional, redução nos custos de produção e a possibilidade de aumento da renda pela venda de excedentes.

As comunidades rurais usuárias dessas TS, portanto, têm maior capacidade de enfrentar os desafios climáticos, particularmente aqueles relacionados à escassez de água e à degradação do solo. No caso do projeto Floema, sua futura implementação de agroflorestas ajudará também a restaurar ecossistemas degradados, o que, por sua vez, possuirá potencial de preservação da biodiversidade e criação de microclimas que reduzem os efeitos do calor

extremo. Para o Saneamento Fértil, a tecnologia co-construída gera melhorias na saúde pública, uma vez que o manejo correto do esgoto evita a contaminação do solo e dos lençóis freáticos, além de garantir que a água seja reutilizada para a irrigação, essencial em regiões de baixa pluviosidade. Analogamente, os biodigestores atuam na diminuição das vulnerabilidades climáticas relacionadas a gestão dos resíduos orgânicos agrícolas, os quais durante momentos de estresse climáticos contaminam o solo e a água.

Considerando que a vulnerabilidade climática é inversamente proporcional a resiliência, os fatores levantados, à medida que amenizam as fragilidades contextuais, alavancam, consequentemente, a habilidade de se adaptar às adversidades climáticas e prosperar sobre elas. Essas dimensões se conectam no principal saldo proporcionado pelas TS dos projetos: o convívio com a seca como estratégia de resiliência das comunidades. Contudo, isso não pode sobrepujar a luta contra a exploração da natureza por parte dos grandes monopólios e, no âmbito rural, da acumulação latifundiária, os quais funcionam sobre dinâmicas que exacerbam a degradação ambiental, frequentemente alinhadas aos modelos econômicos de desenvolvimento insustentáveis.

Para uma visualização ampla, o Quadro 1 foi construído com o intuito de embasar as conclusões resultantes. Cabe ressaltar que apesar de focalizar no ODS 13, muitos dos resultados atestados também se alinham com outros ODS, como o de Redução das Desigualdades, Boa Saúde e Bem Estar, entre outros. Essa análise oferece uma maior compreensão de como as ações locais podem contribuir para o cumprimento das metas globais, de acordo com os compromissos internacionais estabelecidos pela Agenda 2030.

Quadro 1 - Associação de resultados atestados com as metas do ODS 13

Resultados Atestados	Metas associadas do ODS 13
Diminuição da contaminação do solo e corpos d'água.	Meta 13.1: Fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa a riscos relacionados com o clima.
Aumento da fertilidade do solo com o uso de biofertilizantes.	Meta 13.1: Fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa a riscos relacionados com o clima.

Resultados Atestados	Metas associadas do ODS 13
Gestão hídrica e de resíduos orgânicos.	Meta 13.b: Promover capacidade de gestão eficaz em mudanças climáticas nos países menos desenvolvidos.
Formações e co-construção coletiva das tecnologias sociais.	Meta 13.3: Melhorar a educação e a conscientização sobre mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Fonte: Autoria própria (2024)

Como prática futura para maximização dos resultados, pode-se citar a ampliação do horizonte de parcerias, objetivando alcançar uma maior diversidade geográfica pelo estado e potencializar as execuções. Ademais, também se faz necessário a criação de um sistema de avaliação e monitoramento do impacto socioambiental gerado, utilizando metodologias quantitativas para exemplificar os impactos em métricas. Essa experiência está alinhada às ações de análises e monitoramento que já ocorrem, a exemplo da coleta de efluentes pelo projeto Saneamento Fértil, instrumentalização fundamental para garantir que os nutrientes estejam sendo utilizados de forma adequada e para verificar possíveis percalços, mas que demandam maior complexidade longitudinal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

As tecnologias sociais analisadas neste trabalho demonstram potencial significativo na construção de resiliência climática no semiárido do Rio Grande do Norte, através da atuação no município de Lajes Pintadas - RN. Elas configuram-se como instrumentos de transformação social ao promoverem a autonomia dos atores locais, capacitando-os a desenvolver estratégias de convivência com o semiárido que rompem com as práticas de dependência historicamente impostas pela economia agroexportadora e pelos sistemas políticos centralizados.

Ainda, existe a reflexão sobre a ressignificação do espaço rural, onde o meio ambiente deixa de ser percebido como mero recurso explorável e passa a ser compreendido enquanto sujeito de direitos, no sentido sugerido por Rocha (2021). Essa visão amplia a noção de cidadania, ao incorporar os elementos naturais como partes constitutivas da rede de interações sociais, promovendo uma ética de responsabilidade mútua entre seres humanos e natureza.

Não obstante, muitos dos impactos alcançados esboçam certa imaterialidade dentro do caso estudado, por isso, se faz necessário um olhar amplo para o processo, sem limitações técnicas voltadas apenas ao produto. À vista disso, os projetos ao trabalharem o diálogo crítico, proporcionam a emancipação dos indivíduos, permitindo-os que se apropriem do próprio conhecimento e contribuam de maneira ativa na resolução de problemas (Freire, 1987). Quanto aos objetivos propostos, pode-se considerar que foram alcançados, embora careçam de maior aprofundamento quantitativo, podendo ser explorado em artigos futuros.

Por fim, as experiências descritas neste estudo apontam para a contradição entre o atual paradigma científico-tecnológico e a transformação social imbricada no combate aos flagelos de exclusão socioambiental. Porém, essa incongruência não deve limitar a reivindicação de políticas públicas que reconheçam e incentivem a ampliação da Tecnologia Social como estratégia de desenvolvimento, visto que elas respondem aos desafios climáticos, promovem progressos sociais, o desenvolvimento endógeno e a sustentabilidade ecológica, compromissos respaldados pela assinatura na agenda 2030 da ONU.

REFERÊNCIAS:

ADDOR, F; CURI FILHO, W. Por um novo marco analítico-conceitual para o campo da Tecnologia Social, 2024. **No prelo.**

ADGER, W. Neil; KELLY, P. Mick. Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. **Mitigation and adaptation strategies for global change**, v. 4, p. 253-266, 1999.

ALVEAR, Celso *et al.* Princípios norteadores da engenharia popular. In: RUFINO, Sandra; MOREIRA, Fernanda Deister (Org.). **Engenharia popular: construção e gestão de projetos de tecnologia e inovação social**. p.13-24, 2020.

ALVEAR, Celso Alexandre Souza; CRUZ, Cristiano Cordeiro; MIRANDA, Pedro Barreto. O campo da engenharia e desenvolvimento social no Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 27, p. 188-207, 2017.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3 ed. São Paulo, Rio de Janeiro: **Expressão Popular**, AS-PTA, 2012. 400p.

ANTUNES, R.. As configurações do trabalho na sociedade capitalista. **Revista Katálisis**, v. 12, n. 2, p. 131–132, jul. 2009.

ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. **Folder: P1MC - Programa Um Milhão de Cisternas** Disponível em:

https://issuu.com/articulacaosemiario/docs/folder_p1mc?utm_medium=referral&utm_source=www.asabrasil.org.br. Acesso em: 26 set. 2024.

BRASIL. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Brasília: Instituto Nacional do Semiárido (INSA), 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-do-insa/desertificacao/desertificacao-e-mudancas-climaticas-no-semiarido-brasileiro.pdf>. Acesso em: 09 set. 2024.

COLATTO, Luciulla; LANGER, Marcelo. Biodigestor–resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Unesc & Ciência–ACET, Joaçaba**, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2011.

COSTA, Alexandre Araújo. Sobre crise ecológica, violência e capitalismo no Século XXI. **Os mil nomes de Gaia. Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://osmilnomesdegaia.eco.br/wp-content/uploads/2014/11/alexandre-costa.pdf>. Acesso em: 21 set. 2024. v. 18, 2014.

CRUZ, Cristiano; ALVEAR, Celso; VASCONCELLOS, Bruna. Engenharia e Transformação Social. In: RUFINO, Sandra; MOREIRA, Fernanda Deister (Org.). **Engenharia popular: construção e gestão de projetos de tecnologia e inovação social**. p.25-35, 2020.

DA SILVA, Jose Edson; CORREIA, Lais Ariane. Biodigestor Sertanejo Como Alternativa Para a Conservação Do Semiárido Potiguar. **Holos**, v. 6, p. 1-11, 2020.

DAGNINO, Renato *et al.* Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p. 15-64, 2004.

FERNANDES, L. E. S.; SANTOS, M. N. F.; SARAIVA, M. C. (org.). **Cartilha tecnologia social: reúso de águas cinzas**. Fortaleza, Ceará: CETRA, 2023. Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/handle/123456789/440> Acesso em: 01 de out. 2024.

FERREIRA. E. P.; FERREIRA. A. C.; PANTALEÃO. F. S.; FERREIRA. Y. P. Análise de qualidade da água tratada pelas estações de tratamento baseado no programa de autogestão comunitária. **Anais [...] do XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Salvador – BA. 03 a 07 de Junho de 2012.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa-3**. Porto Alegre: Artmed editora, 2009.

FOLKE, Carl *et al.* Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. **Ecology and Society**, v. 21, n. 3, 2016.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17ª. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, v. 3, p. 343-348, 1987.

FREIRE, Renata Mauro. **Sustentabilidade de sistemas socioecológicos sob a lente da resiliência**: o caso de uma associação agroecológica na Amazônia ocidental. Campinas: Tese de Doutorado, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, 2009. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1610543>. Acesso em: 30 set. 2024.

GIULIO, G. M. D.; MARTINS, A. M. B.; LEMOS, M. C.. Adaptação climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 88, p. 25–41, set. 2016.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, 2021.

IPCC. **Climate Change 2014**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2014.

KLEBA, John Bernhard. Engenharia engajada—desafios de ensino e extensão. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 27, p. 170-187, 2017.

LEFF, Enrique. **Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2009.

LONGO, Stefano B.; CLARK, Brett; SHRIVER, Thomas E.; CLAUSEN, Rebecca. Sustainability and Environmental Sociology: Putting the Economy in its Place and Moving Toward an Integrative Socio-Ecology. **Sustainability**, v. 8, n. 5, p. 437, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su8050437>. Acesso em: 4 out. 2024

MARENGO, J. A. Water and climate change. **Estudos Avançados (USP)**, v. 22, p. 83-96, 2008.

MATTE JUNIOR, Alexandre Aloys ; DILL, Matheus. Resiliência regional evolucionária e os impactos da Covid-19: o papel das cooperativas no Vale do Paranhana/RS. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 21, n. 2, abr./jun., p. 198-223, 2024.

MILHORANCE, Carolina *et al.* O desafio da integração de políticas públicas para a adaptação às mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2019.

MILHOMENS, Allan; ÁVILA, Mário Lúcio; CALDAS, Eduardo de Lima. **Agroecologia e agricultura familiar: vulnerabilidades, resiliência e adaptação à mudança climática no Semiárido**. In: SABOURIN, E.; OLIVEIRA, L. M. R.; GOULET, F.; MARTINS, E. S. (org.). **A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no nordeste semiárido brasileiro**. Rio de Janeiro: E-papers, 2021, p.47-63.

MOLLISON, Bill; SLAY, Reny Mia. Introdução à permacultura. Brasília: **MA/SDR/PNFC**, 1998.

NAIR, P. K. R. State-of-the-art of agroforestry research and education. **Agroforestry systems**, v. 23, p. 95-119, 1993.

NOVAES, Antonio Pereira *et al.* **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/28989>. Acesso em: 01 de out. 2024.

NOVAES, Henrique T.; DIAS, Rafael. Contribuições ao marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: DAGNINO, Renato Peixoto (org). **Tecnologias sociais: ferramenta para construir outra sociedade**. Campinas: Unicamp, p. 17-53, 2009.

NUNES, Ginete Cavalcante; NASCIMENTO, Maria Cristina Delmondes; DE ALENCAR, Maria Aparecida Carvalho. Pesquisa científica: conceitos básicos. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 10, n. 29, p. 144-151, 2016.

ONU. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 02 out. 2024.

PELLING, Mark. **Adaptation to climate change: from resilience to transformation**. UK: Routledge, 2010.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2006.

RIOS, Dara Missão da Silva; LIMA, José Raimundo Oliveira. A prática da extensão universitária como incentivadora da tecnologia social. **Revista Brasileira de Tecnologias Sociais**. UNIVALI/Itajaí, v. 3, n. 1, p. 93 – 100, 2016.

ROCHA, Lilian Rose Lemos. **Direito da Natureza: uma visão biocêntrica**. Curitiba: CRV, 2021.

SÁ, I. B.; et al. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Org.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. 1ed. Brasília: Embrapa, 2010, v. 1, p. 125-158.

SANTOS, Thiago Araujo. **Articulação no semiárido brasileiro (ASA Brasil): a convivência com o semiárido e a construção de um regionalismo de resistência**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/T.8.2016.tde-20072016-185024. Acesso em: 30 set. 2024.

SAPUNARU, Raquel Anna. Uma breve história da engenharia e seu ensino no Brasil e no mundo: foco Minas Gerais. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 10, n. 1, p. 39-52, 2016.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semi-árido. **Sociedade e Estado**, [S. l.], v. 18, n. 1-2, 2011. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sociedade/article/view/5041>. Acesso em: 11 set. 2024.

SOUZA, A. C. A. A. DE .; POZZEBON, M.. Práticas e mecanismos de uma tecnologia social: proposição de um modelo a partir de uma experiência no semiárido. **Organizações & Sociedade**, v. 27, n. 93, p. 231–254, abr. 2020

TRINDADE, F. C. M. **Diagnóstico do conhecimento prévio e do interesse de agricultores do município de Jaguari/ RS, acerca do manejo de resíduos sólidos e do uso de biodigestores**. (28f). TCC (Monografia Educação do Campo e Agroecologia) – Instituto Federal Farroupilha Campus Jaguari. Jaguari. 2020.2020. Disponível em: <https://arandu.iffarroupilha.edu.br/handle/itemid/155>. Acesso em: 01 out. 2024.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

ZHOURI, A. Justiça ambiental, diversidade cultural e accountability: desafios para a governança ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 23, n. 68, p. 97–107, out. 2008.