

AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO: UMA TECNOLOGIA SOCIAL PARA A
SUSTENTABILIDADE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL*Low-Cost Solar Heater: A Social Technology for Sustainability and Environmental Education*Luís Guilherme Gonçalves Cunha¹; Nicolas Floriani²

Resumo: O conceito de Tecnologias Sociais (TS) tem ganhado importância como uma abordagem inovadora para enfrentar desafios socioambientais em comunidades de baixa renda. O Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) é um exemplo de TS que promove o uso de energia solar por meio de materiais acessíveis como garrafas PET e canos de PVC. Este estudo analisa o impacto do ASBC no contexto educacional, ambiental e econômico, com base em um projeto realizado em Ponta Grossa, Paraná. O projeto envolveu oficinas educativas que capacitaram os participantes a construir o ASBC e entenderem seus princípios científicos. Os resultados demonstram uma significativa redução no consumo de energia elétrica e uma conscientização crítica sobre o uso de recursos renováveis. Além disso, o estudo aponta para os desafios de replicabilidade da tecnologia em outras comunidades devido a limitações financeiras e acesso a materiais. Conclui-se que o ASBC é uma ferramenta eficaz de alfabetização científica e tecnológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a inclusão social.

Abstract: The concept of Social Technology (ST) has gained importance as an innovative approach to addressing socio-environmental challenges in low-income communities. The Low-Cost Solar Heater (LCSH) is an example of such ST, promoting the use of solar energy through accessible materials like PET bottles and PVC pipes. This study analyzes the impact of the LCSH on educational, environmental, and economic aspects, based on a project carried out in Ponta Grossa, Paraná. The project involved educational workshops that trained participants to build the LCSH and understand its scientific principles. The results demonstrate a significant reduction in electricity consumption and a heightened awareness of the use of renewable resources. Furthermore, the study highlights the challenges of replicating the technology in other communities due to financial and material access limitations. In conclusion, the LCSH is an effective tool for scientific and technological literacy, contributing to sustainable development and social inclusion.

Palavras-chave:Tecnologias Sociais,
Aquecedor Solar de Baixo
Custo, Educação Ambiental.**Keywords:**Social
Technologies, Low-Cost
Solar Heater, Environmental
Education.

¹Doutorando em Geografia, Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia, Instituto Federal do Paraná – Campus Irati, Docente de Geografia
luis.cunha@ifpr.edu.br

²Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Docente do Departamento de Geociências
nicolas@uepg.br

1 INTRODUÇÃO

O conceito de Tecnologias Sociais (TS) vem ganhando destaque como uma estratégia inovadora para enfrentar desafios socioambientais, especialmente em comunidades de baixa renda, onde o acesso a tecnologias convencionais é limitado. Ao contrário das Tecnologias Convencionais (TC), que tendem a priorizar eficiência e lucro, muitas vezes em detrimento das populações vulneráveis, as TS são desenvolvidas de forma colaborativa, buscando soluções tecnológicas que respondam às necessidades locais de forma sustentável e inclusiva. Conforme Dagnino (2014), as TS representam uma mudança de paradigma ao integrar a inovação tecnológica com o conhecimento local, promovendo o empoderamento social e a alfabetização científica e tecnológica.

Um exemplo prático dessa abordagem é o Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC), uma TS voltada para a utilização de energia solar no aquecimento de água, utilizando materiais de fácil acesso, como garrafas PET e canos de PVC. O ASBC, além de reduzir significativamente o consumo de energia elétrica, também funciona como uma poderosa ferramenta de educação ambiental e alfabetização tecnológica, ao capacitar as comunidades a construir e manterem seus próprios sistemas de aquecimento (CUNHA; CUNHA, 2016). Mais do que uma solução técnica, o ASBC envolve um processo educacional que promove a autonomia tecnológica e a conscientização ambiental.

Nesse contexto, o papel da educação é central. Como argumenta Freire (2005), a educação deve ser emancipadora, proporcionando aos indivíduos as ferramentas necessárias para transformar suas realidades. No caso das TS, essa transformação ocorre por meio da alfabetização científica e tecnológica, que capacita as comunidades a compreenderem e adaptarem as inovações tecnológicas às suas necessidades, garantindo sua replicabilidade e sustentabilidade. Conforme Chassot (2003) destaca, a alfabetização científica vai além da mera aquisição de conhecimento técnico, englobando também o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade.

Este artigo tem como objetivo analisar o impacto educacional do Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) como uma Tecnologia Social voltada para a inclusão social e o desenvolvimento sustentável. O estudo se baseia em um projeto de extensão realizado em Ponta Grossa, Paraná, onde o ASBC foi implementado em um asilo com a participação de membros da comunidade local e estudantes universitários. A pesquisa se propõe a responder às seguintes questões: De que forma o ASBC promove a alfabetização científica e tecnológica? Como essa TS pode ser replicada em outras comunidades de forma sustentável?

Para abordar essas questões, este trabalho está estruturado em cinco seções principais. Após a presente introdução, a revisão de literatura explora o conceito de TS e suas diferenças em relação às Tecnologias Apropriadas (TA), destacando o papel da educação no processo de desenvolvimento sustentável. Em seguida, a metodologia detalha o processo de implementação do ASBC e as técnicas de coleta e análise de dados. A seção de resultados e discussão apresenta os impactos educacionais e técnicos da implementação do ASBC em Ponta Grossa, e, por fim, a conclusão reflete sobre os desafios e oportunidades para a disseminação de TS em larga escala.

2 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem mista, que combina métodos qualitativos e quantitativos, ancorados em um estudo de caso sobre a implementação do Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) em um asilo na cidade de Ponta Grossa, Paraná. A escolha do estudo de caso, conforme Yin (2001), é justificada pela necessidade de explorar em profundidade as especificidades da implementação da

tecnologia, suas implicações educacionais e sua eficiência técnica em um contexto particular. O ASBC foi utilizado como uma ferramenta para avaliar o impacto da tecnologia social tanto em termos de redução do consumo de energia quanto no processo de alfabetização científica e tecnológica dos participantes.

A implementação do ASBC foi realizada por meio de oficinas educativas, concebidas com o objetivo de capacitar os participantes a construir e manter o sistema de aquecimento solar. Essas oficinas, realizadas em parceria com uma universidade local, Universidade Estadual de Ponta Grossa, envolveram não apenas membros da comunidade e funcionários do asilo, mas também estudantes e professores. O enfoque colaborativo da capacitação se alinha com a pedagogia freireana, que valoriza a troca de conhecimentos e o aprendizado dialógico, (FREIRE, 2005). Ao invés de um simples repasse de informações técnicas, as oficinas foram divididas em duas partes: uma teórica e outra prática.

Na fase teórica, os participantes foram introduzidos aos princípios científicos por trás do ASBC, como a captação de energia solar, transferência de calor e o papel dos materiais recicláveis no sistema. Este componente educacional se baseou no conceito de alfabetização científica de Chassot (2003), que aborda a compreensão crítica dos fenômenos naturais e tecnológicos, tornando a ciência acessível e relevante para a vida cotidiana dos indivíduos. A alfabetização científica foi integrada ao processo de construção do ASBC, incentivando os participantes a refletirem sobre o impacto da energia renovável no contexto ambiental, econômico e social.

Na fase prática, os participantes foram guiados na construção conjunta do sistema, utilizando materiais simples e acessíveis, como garrafas PET e canos de PVC. A escolha desses materiais foi intencional para promover uma tecnologia social de baixo custo e fácil replicação, em consonância com as definições de Dagnino (2014) sobre o caráter inclusivo e democrático das Tecnologias Sociais. Durante essa etapa, o aprendizado técnico se entrelaçou com discussões sobre sustentabilidade, consumo energético e práticas cotidianas, incentivando uma reflexão crítica sobre o uso da tecnologia e sua aplicabilidade em contextos de baixa renda.

Para avaliar o impacto da implementação do ASBC, foram utilizados três métodos principais de coleta de dados. Primeiro, foi realizada a observação participante durante as oficinas, com o objetivo de acompanhar o engajamento dos participantes e o aprendizado ao longo do processo. Conforme Spradley (1980), a observação participante permite uma imersão no contexto social, proporcionando uma compreensão mais rica das interações e da apropriação do conhecimento pelos participantes.

Em seguida, foram investigadas percepções sobre o impacto da tecnologia no consumo de energia e sua compreensão sobre os princípios científicos envolvidos. Por fim, foi realizada a medição do consumo de energia elétrica antes e após a instalação do ASBC, monitorando os resultados ao longo de três anos. A medição quantitativa visou avaliar a eficiência do sistema em termos de redução do consumo energético no asilo, fornecendo dados objetivos sobre o impacto econômico da tecnologia.

A análise dos dados combinou abordagens qualitativas e quantitativas. As percepções dos participantes permitiram a identificação de categorias temáticas como alfabetização tecnológica, conscientização ambiental e autonomia energética. Essas categorias refletem a intersecção entre os objetivos educacionais e ambientais do projeto. A análise quantitativa dos dados de consumo de energia, por sua vez, consistiu na comparação dos registros de energia elétrica antes e depois da instalação do ASBC, permitindo a avaliação da eficácia da tecnologia.

Essa abordagem mista, integrando aspectos qualitativos e quantitativos, permitiu uma análise holística do impacto do ASBC, não apenas como uma tecnologia voltada para a sustentabilidade, mas também como um instrumento pedagógico que promove o desenvolvimento da alfabetização científica e da conscientização ambiental nas comunidades envolvidas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, o conceito de Tecnologias Sociais (TS) tem emergido como uma alternativa eficaz às tecnologias convencionais, especialmente em contextos de comunidades de baixa renda. As TS, ao contrário das tecnologias tradicionais, colocam o conhecimento local e a participação ativa das comunidades no centro de sua concepção e implementação. Essa abordagem é especialmente relevante no cenário global atual, onde o desenvolvimento sustentável e a inclusão social são desafios centrais para o futuro.

Um exemplo prático e bem-sucedido dessa abordagem é o Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC), uma tecnologia social que utiliza energia solar para aquecer água, e com a possibilidade de implementação em comunidades de baixa renda. O uso do ASBC tende, a partir da análise dos resultados, a reduzir o consumo de energia elétrica e promover a alfabetização científica e tecnológica. Esse sistema, desenvolvido com materiais acessíveis como garrafas PET e canos de PVC, exemplifica o potencial das TS para combinar inovação técnica com processos educativos que capacitam os indivíduos a compreender, adaptar e replicar essas tecnologias (CUNHA; CUNHA, 2016).

As oficinas educativas foram divididas em duas etapas principais: teórica e prática. Na primeira, os participantes receberam informações sobre os princípios científicos fundamentais do ASBC, como a captação de energia solar, a transferência de calor e a importância dos materiais recicláveis utilizados no sistema. Durante essa fase teórica, foram apresentados conceitos fundamentais sobre sustentabilidade, abordando como o uso de fontes renováveis pode contribuir para a redução dos impactos ambientais. Esse componente teórico foi essencial para construir uma base de conhecimento, permitindo que os participantes entendessem o funcionamento do sistema de maneira crítica e contextualizada.

Na fase prática, os participantes foram orientados na construção do ASBC utilizando materiais simples e acessíveis, como garrafas PET e canos de PVC. Essa prática foi planejada para que cada participante experimentasse, na prática, a montagem do sistema, sob orientação dos instrutores. A presença de estudantes universitários e professores especializados garantiu um ambiente de aprendizagem colaborativo e dialógico, promovendo o intercâmbio de saberes e o desenvolvimento de habilidades técnicas. Esse enfoque colaborativo fortaleceu a alfabetização científica e tecnológica, encorajando a aplicação e a disseminação de práticas sustentáveis.

Os impactos educacionais foram observados em vários níveis. As oficinas proporcionaram aos participantes uma oportunidade de aprender conceitos científicos de forma prática, o que facilitou a internalização dos conhecimentos. Por exemplo, muitos relataram que, ao construir o ASBC com suas próprias mãos, puderam entender melhor o processo de captação de energia solar e a importância do uso de materiais recicláveis, como garrafas PET e canos de PVC. Além disso, as atividades práticas promoveram um senso de autonomia tecnológica, onde os participantes se sentiam capacitados para replicar o sistema de forma independente. Do ponto de vista técnico, a redução média de 25% no consumo de energia elétrica no asilo evidenciou a viabilidade do ASBC como uma solução sustentável e economicamente vantajosa.

Os resultados quantitativos revelaram uma redução média de 25% no consumo total de energia elétrica no asilo após a instalação do ASBC, com picos de até 30% em meses de maior incidência solar. Essa redução significativa demonstra a eficácia da tecnologia em termos de economia energética. Além disso, as oficinas educativas proporcionaram aos participantes conhecimentos que aumentaram sua autonomia tecnológica, com 85% dos entrevistados relatando sentir-se confiantes e capacitados para replicar o sistema em suas próprias comunidades. Esses resultados confirmam a viabilidade econômica do ASBC como uma solução acessível para famílias e instituições de baixa renda, corroborando a importância de tecnologias sociais como ferramentas de inclusão social e sustentabilidade.

Esta seção explora a transição das Tecnologias Apropriadas (TA) para as Tecnologias Sociais (TS)

e discute o papel central da educação e da alfabetização científica no sucesso dessas inovações. Além disso, o estudo foca na implementação do ASBC como um exemplo concreto de TS. Demonstra como a educação crítica e participativa pode transformar a relação entre tecnologia, sociedade e sustentabilidade.

3.1 Das tecnologias apropriadas às tecnologias sociais: a evolução conceitual

O conceito de Tecnologia Apropriada (TA) emergiu nos anos 1970 como uma resposta crítica ao modelo de desenvolvimento tecnológico industrial, que se mostrava incapaz de atender às necessidades específicas dos países em desenvolvimento. A TA, popularizada por E. F. Schumacher em *Small is Beautiful* (1979), defendia que as tecnologias deveriam ser projetadas para contextos específicos, levando em consideração as condições socioeconômicas e culturais das comunidades envolvidas. Segundo Schumacher (1979), as tecnologias convencionais, voltadas para o lucro e a eficiência industrial, acentuavam as desigualdades, por não serem acessíveis às populações mais vulneráveis. A TA, por sua vez, buscava fornecer soluções de baixo custo e fácil replicação, desenvolvidas com a intenção de capacitar as comunidades locais.

Apesar de seu pioneirismo, o movimento de Tecnologia Apropriada foi criticado por sua aplicação *top-down* (cima para baixo), ou seja, as tecnologias eram desenvolvidas externamente e simplesmente entregues às comunidades, sem um envolvimento real dos beneficiários no processo de criação e adaptação das inovações. Essa abordagem limitava a capacidade das populações de se apropriarem das tecnologias de maneira significativa, o que, conforme apontam Rodrigues e Barbieri (2008), minava o potencial emancipatório da TA.

Esse ponto é fundamental para entender a transição conceitual para as Tecnologias Sociais (TS). As TS emergiram como um modelo que, além de ser economicamente viável e tecnicamente adequado, prioriza a cocriação com as comunidades locais. Dagnino (2014) define as TS como uma prática tecnológica que reconhece a importância do conhecimento local e do saber popular na formulação de soluções que atendam às necessidades reais das populações, promovendo não apenas a aplicação de inovações, mas também o empoderamento social por meio da educação e da participação ativa. E para o autor, a concepção fundamental para o uso destas tecnologias seria o *botton-up* (de baixo para cima) em que se valoriza os conhecimentos locais e as necessidades específicas de cada localidade.

A crítica à TA e o surgimento das TS refletem uma mudança de paradigma, na qual a educação passa a desempenhar um papel fundamental. Em vez de simplesmente introduzir novas tecnologias, as TS promovem a alfabetização científica e tecnológica, capacitando os indivíduos a adaptarem e replicarem as inovações conforme suas necessidades. Esse enfoque, conforme argumenta Freire (2005), desloca o papel do cidadão de mero consumidor para protagonista no processo de desenvolvimento, o que está alinhado com sua visão de educação emancipatória. Freire (1979, p.84), ainda argumenta que “a educação não transforma o mundo. A educação muda as pessoas. As pessoas transformam o mundo”, destacando a relação entre educação e transformação social.

A partir dessa perspectiva, as TS não são apenas tecnicamente viáveis, mas também culturalmente adequadas, promovendo o desenvolvimento sustentável por meio da participação ativa das comunidades. Esse modelo enfatiza a importância de um diálogo entre o saber científico e o saber popular, o que, conforme Santos (2005), é central para a construção de uma “ciência solidária”. Santos (2005) critica a lógica do “capitalismo cognitivo”, que monopoliza o conhecimento científico em benefício das grandes corporações, excluindo os saberes locais e marginalizando as populações mais vulneráveis. Dessa forma, entende-se que as Tecnologias Sociais, ao contrário, se inserem em um contexto de resistência a essa lógica, promovendo a democratização do conhecimento e a co-produção de soluções tecnológicas.

3.2 Educação e tecnologias sociais: alfabetização científica e tecnológica

Nesse contexto, o papel da educação essencial para a implementação das Tecnologias Sociais (TS). A alfabetização científica e tecnológica (ACT) surge como uma prática que capacita as comunidades a entenderem os fundamentos científicos por trás das inovações e, mais do que isso, a adaptarem as tecnologias conforme suas necessidades locais. Para Chassot (2003), a alfabetização científica não se limita à aquisição de conhecimentos técnicos, mas também envolve o desenvolvimento da capacidade crítica de refletir sobre o impacto das tecnologias na sociedade e no meio ambiente. Ao ensinar as pessoas a “ler o mundo”, conforme proposto por Freire (2005), a alfabetização científica permite que os indivíduos participem ativamente do desenvolvimento de suas comunidades, fortalecendo a autonomia e a capacidade de inovação local.

A transição para um modelo de educação crítica e participativa é essencial no contexto das TS. Enquanto as Tecnologias Apropriadas eram projetadas para resolver problemas práticos sem necessariamente envolver a educação da comunidade, as TS integram a educação como um aspecto de destaque, garantindo que as soluções tecnológicas sejam compreendidas, apropriadas e disseminadas de forma autônoma. Isso cria um ciclo de inovação no qual as próprias comunidades se tornam capacitadas a replicar e adaptar as tecnologias, ampliando o impacto social e ambiental das inovações.

O conceito de alfabetização científica, defendido por Chassot (2003), está diretamente ligado ao desenvolvimento de uma cultura tecnológica crítica e participativa, em que os indivíduos não apenas aplicam as tecnologias, mas também refletem sobre seus impactos e suas possibilidades de adaptação. Essa abordagem é essencial para a replicabilidade das Tecnologias Sociais, que dependem da capacidade dos indivíduos de compreenderem e adaptarem as inovações às suas necessidades. Essa perspectiva está alinhada com a visão de Saviani (2008), que destaca a importância da educação como uma ferramenta para a transformação social. Para Saviani (2008), a educação deve ser um processo que emancipa o sujeito, capacitando-o a se apropriar dos recursos científicos e tecnológicos para transformar sua realidade.

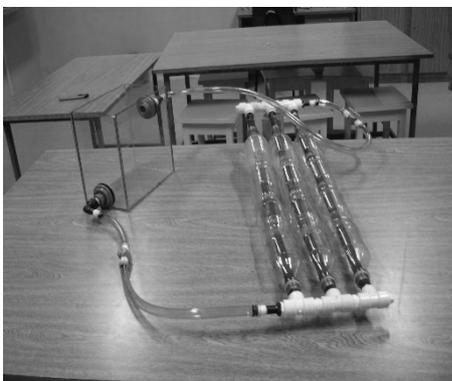
As práticas educativas associadas às TS promovem uma formação integral, na qual a alfabetização científica é combinada com a educação ambiental, criando uma base sólida para o desenvolvimento sustentável. Leff (2002) argumenta que a educação ambiental é essencial para transformar as relações entre sociedade, tecnologia e natureza, permitindo que as comunidades compreendam as interconexões entre suas práticas cotidianas e os impactos no ecossistema. Para Leff (2002), o desenvolvimento sustentável depende de uma reorientação das práticas tecnológicas a partir de uma consciência crítica sobre o uso dos recursos naturais e o impacto das inovações no ambiente. Nesse sentido, as TS não são apenas soluções técnicas, mas também instrumentos pedagógicos que promovem uma educação voltada para a sustentabilidade.

3.3 O aquecedor solar de baixo custo (ASBC) como tecnologia social e ferramenta educacional

O Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) é um exemplo claro de como as Tecnologias Sociais promovem a sustentabilidade ambiental e a inclusão social por meio da educação. Desenvolvido com materiais simples e acessíveis, como garrafas PET e canos de PVC, representados nas **Figuras 1 e 2**. O ASBC permite que comunidades de baixa renda utilizem a energia solar para o aquecimento de água, reduzindo significativamente o consumo de energia elétrica (CUNHA; CUNHA, 2016). Além de seus benefícios técnicos, o ASBC desempenha um papel essencial na alfabetização científica e tecnológica dos indivíduos que participam de sua construção e manutenção.

Figura 1 – Parte do Protótipo do ASBC.

Fonte: o autor.

Figura 2 - Protótipo do ASBC – Pet.

Fonte: o autor.

O processo de implementação do ASBC, por meio de oficinas educativas, exemplifica o potencial das TS como ferramentas de educação crítica. Durante as oficinas, os participantes não apenas aprendem a construir o sistema, mas também compreendem os princípios científicos por trás da energia solar e refletem sobre o impacto ambiental de suas práticas cotidianas. Conforme observado por Facin (2010), a apropriação do conhecimento tecnológico promove uma maior autonomia das comunidades, que passam a gerir seus próprios recursos energéticos de maneira mais sustentável. Esse processo educativo, alinhado com as ideias de Freire (2005), incentiva o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre o uso das tecnologias e sua relação com a natureza.

Além de seu impacto técnico, o ASBC desempenha um papel crucial na educação ambiental, promovendo práticas sustentáveis e conscientizando os participantes sobre a importância do uso de fontes de energia renováveis. Segundo Leff (2002), as inovações tecnológicas, quando aliadas a práticas educativas, têm o potencial de reorientar as comunidades em direção a um modelo de desenvolvimento mais sustentável. Esse modelo é reforçado por autores como Sauv  (2005), que destaca a educa o ambiental como uma ferramenta fundamental para integrar o conhecimento científico às práticas culturais e sociais. Para Carvalho (2012), essa integra o permite uma reavalia o crítica dos modos de produ o e consumo, enfatizando a necessidade de conscientiza o sobre o impacto ambiental das tecnologias. Assim, o ASBC não se configura apenas como uma soluço técnica para reduzir o consumo de energia elétrica, mas também como um instrumento pedagógico que fortalece a interse o entre educa o, ciência e sustentabilidade. Como propõe Gadotti (2008), práticas educativas associadas   tecnologia devem focar na forma o de uma consciência crítica, ampliando a autonomia das comunidades para enfrentar desafios ambientais e tecnológicos.

A proposta de Gadotti (2008) é fundamentada em uma visão de educação que transcende a mera transmissão de conhecimento técnico. Ele argumenta que práticas educativas, especialmente aquelas associadas à tecnologia, devem promover o desenvolvimento de uma consciência crítica nos indivíduos. Essa consciência crítica é essencial para que as comunidades não apenas utilizem tecnologias, mas também compreendam seus impactos sociais, econômicos e ambientais.

Ao formar uma consciência crítica, o processo educativo capacita as pessoas a refletirem sobre o papel da tecnologia em suas vidas e em suas comunidades. Isso significa que a tecnologia não é vista apenas como uma ferramenta neutra para resolver problemas, mas como algo que pode tanto fortalecer quanto perpetuar desigualdades e danos ambientais, dependendo de como é implementada. A educação, nesse sentido, deve proporcionar às comunidades a autonomia necessária para que possam se apropriar das tecnologias de maneira sustentável, adaptando-as às suas realidades e necessidades.

Gadotti (2008) acredita que esse processo de conscientização e autonomia é fundamental para que as comunidades possam enfrentar os desafios contemporâneos, como a crise ambiental e as desigualdades tecnológicas. Em vez de serem meras receptoras passivas de soluções prontas, as comunidades são capacitadas a adaptar, modificar e até criar novas soluções tecnológicas que estejam em harmonia com seus contextos sociais e ambientais. Isso não só contribui para um desenvolvimento mais justo e equitativo, mas também fortalece a democracia e a participação ativa na construção de um futuro sustentável.

Essa abordagem educativa reforça a ideia de que a verdadeira transformação social só pode ocorrer quando as pessoas estão conscientes de seu papel como agentes de mudança, capazes de transformar suas realidades e atuar criticamente frente aos desafios ambientais e tecnológicos que enfrentam. A implementação do Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) no asilo de Ponta Grossa trouxe impactos significativos, tanto educacionais quanto ambientais, demonstrando o potencial das Tecnologias Sociais (TS) como ferramentas para a inclusão social e a sustentabilidade. Os dados coletados por meio de observações, percepções e registros de consumo de energia indicaram que o ASBC não apenas atingiu seus objetivos técnicos de redução de energia, mas também promoveu uma alfabetização científica e tecnológica entre os participantes, capacitando-os a replicar a tecnologia em outros contextos.

A pesquisa revelou que o impacto educacional foi um dos principais resultados do projeto. As oficinas educativas geraram uma transformação significativa no entendimento dos participantes sobre energia solar e suas aplicações. Antes das oficinas, a maioria dos participantes desconhecia o funcionamento de sistemas de aquecimento solar e a importância das energias renováveis. Após a conclusão do projeto, 85% dos entrevistados afirmaram sentir-se mais capacitados para replicar o sistema em suas próprias comunidades, enquanto 90% demonstraram uma compreensão clara dos princípios básicos por trás do ASBC. Esses dados reforçam a visão de Freire (2005), para quem a educação é uma prática libertadora, que capacita os indivíduos a se tornarem agentes de sua própria transformação. No caso do ASBC, os participantes foram não apenas instruídos sobre o uso da tecnologia, mas também incentivados a refletir criticamente sobre o papel da energia no contexto ambiental e social, o que está diretamente alinhado à alfabetização científica, conforme discutido por (CHASSOT, 2003).

As aprendizagens ambientais foram outro ponto de destaque. Os participantes relataram uma nova compreensão sobre a importância de fontes de energia renováveis, como a solar, para a sustentabilidade de longo prazo. Um participante comentou: 'Aprender sobre o ASBC me fez pensar sobre como pequenas mudanças no dia a dia podem reduzir o impacto no meio ambiente'. Essa conscientização crítica foi essencial para que as práticas sustentáveis fossem incorporadas ao cotidiano dos participantes, reforçando o papel da educação ambiental no desenvolvimento de uma mentalidade mais consciente e responsável.

Os resultados quantitativos também foram notáveis, especialmente no que diz respeito à redução do consumo de energia elétrica, conforme comparação e análise das Tabelas 1, 2 e 3. A medição dos registros de consumo no asilo, antes e depois da instalação do ASBC, mostrou uma redução média de 25% no consumo total de energia. Em meses de maior incidência solar, a redução alcançou até 30%. Esses resultados demonstram a viabilidade econômica do ASBC como uma solução eficaz para famílias e instituições de baixa renda, em especial em locais onde os custos com energia elétrica representam uma parcela significativa do orçamento doméstico. Isso corrobora as análises de Dagnino (2014), que destacam a importância das TS em promover soluções de baixo custo que gerem impacto positivo nas comunidades. Ao promover a alfabetização científica e oferecer um retorno financeiro tangível, o ASBC se configura como um exemplo prático de como as TS podem contribuir para a justiça social e a sustentabilidade.

As Tabelas 1, 2 e 3, a seguir, apresentam uma comparação dos registros de consumo de energia elétrica no asilo antes e após a instalação do ASBC, evidenciando a redução nos custos energéticos. A Tabela 1 mostra o consumo de energia em 2006, sem o ASBC, enquanto as Tabelas 2 e 3 apresentam os dados de consumo de 2007 e 2008, após a implementação da tecnologia social. Essas tabelas ilustram de forma clara a viabilidade econômica do ASBC e seu impacto na redução dos custos com energia elétrica.

Tabela 1 – Consumo em 2006 – Sem ASBC.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
KWh	209	198	257	236	271	270	445	246	254	211	172	179
R\$	96,35	90,92	116,22	107,53	122,02	121,94	185,44	0	29,89	92,57	76,5	79,21

Fonte: o autor.

Tabela 2 - Consumo em 2007 - com ASBC.

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
KWh	176	202	199	222	233	262	253	241	208	229	182	182
R\$	78,05	89	86,95	96,83	101,08	112,56	107,51	102,93	90,33	98,35	79,43	79,43

Fonte: o autor.

Tabela 3 - Consumo 2008 - com ASBC.

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
MÊS	JAN*	FEV	MAR	ABR	MAI*	JUN*	JUL	AGO	SET	OUT
KWh	234	184	198	222	214	212	218	289	268	216
R\$	100,26	80,19	85,54	95,67	92,62	81,09	95,45	122,99	113,45	94,67

* meses sem ASBC

Fonte: o autor.

Outro ponto de destaque foi a conscientização ambiental gerada pelo projeto. As oficinas educacionais não apenas ensinaram os participantes a construir e utilizar o ASBC, mas também promoveram uma reflexão sobre práticas mais sustentáveis no dia a dia. Após a implementação do projeto, 75% dos entrevistados relataram que o aprendizado sobre o sistema os motivou a adotar outras práticas sustentáveis, como a redução do uso de eletricidade e o reaproveitamento de materiais recicláveis. Isso reforça a tese de Leff (2002), para quem a educação ambiental é fundamental para transformar as relações entre sociedade, tecnologia e meio ambiente. Ao integrar essas práticas no cotidiano dos

participantes, o ASBC se mostrou uma ferramenta eficaz para promover uma reorientação das práticas tecnológicas em direção à sustentabilidade, sensibilizando a comunidade sobre a necessidade de se utilizar recursos renováveis de maneira consciente.

Entretanto, a implementação do ASBC também revelou desafios importantes para a replicabilidade da tecnologia em outras comunidades. Embora os participantes tenham relatado sentir-se capacitados a construir e manter o sistema, muitos apontaram que a falta de recursos financeiros e a dificuldade de acesso a materiais poderiam limitar a expansão do projeto para outras regiões. Esse cenário evidencia a necessidade de apoio contínuo, tanto em termos de políticas públicas quanto de programas de financiamento, para garantir que as TS, como o ASBC, possam ser adotadas em larga escala. Como sugere Saviani (2008), a educação tem um papel fundamental na transformação social, mas é imprescindível que ela seja acompanhada por um esforço institucional para criar as condições necessárias para a disseminação dessas inovações. Sem uma estrutura de apoio financeiro e técnico, a replicabilidade das TS fica comprometida, especialmente em comunidades mais vulneráveis.

Com base nos resultados apresentados, é possível afirmar que o ASBC promoveu a alfabetização científica e tecnológica ao integrar conhecimentos teóricos e práticos de forma colaborativa. Os participantes não apenas aprenderam a construir e manter o sistema, mas também desenvolveram uma compreensão crítica sobre o uso de tecnologias sustentáveis, o que resultou em mudanças práticas em suas rotinas e na adoção de novas práticas ambientais. No entanto, a replicabilidade da tecnologia em outras comunidades depende de políticas públicas que facilitem o acesso a materiais e ofereçam apoio financeiro, de forma a garantir que tecnologias sociais como o ASBC possam ser adotadas de maneira ampla e efetiva.

Em suma, o projeto de implementação do ASBC apresentou resultados robustos em termos de educação, sustentabilidade e economia de energia. Os desafios relacionados à sua expansão, contudo, indicam que a alfabetização científica e tecnológica precisa ser acompanhada por políticas públicas mais robustas, que incentivem o uso de tecnologias sociais em contextos de maior vulnerabilidade. O ASBC, além de reduzir o consumo de energia elétrica, provou ser uma ferramenta eficaz para a educação ambiental e a autonomia tecnológica, contribuindo significativamente para a construção de uma sociedade mais sustentável e inclusiva.

Os resultados obtidos com a implementação do ASBC evidenciam que essa tecnologia social promoveu a alfabetização científica e tecnológica de maneira eficaz. Ao participar ativamente das oficinas e construir o sistema, os indivíduos foram capazes de aplicar os conceitos científicos de forma prática, desenvolvendo uma compreensão crítica e habilidades técnicas que poderão ser utilizadas em outros contextos. Além disso, a replicabilidade do ASBC depende da presença de um suporte financeiro e de políticas públicas que facilitem o acesso aos materiais necessários e incentivem a capacitação contínua. Sem esses fatores, a expansão da tecnologia para outras comunidades pode ser limitada.

4 CONCLUSÃO

O estudo realizado sobre o Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) confirma que as Tecnologias Sociais (TS) têm o potencial de promover transformações profundas em comunidades de baixa renda, ao unir inovação tecnológica e educação de maneira integrada. O ASBC, ao permitir a utilização de uma fonte de energia renovável acessível e de baixo custo, demonstrou-se eficaz na redução do consumo de energia elétrica e no aumento da autonomia tecnológica dos participantes. No entanto, mais do que uma simples solução técnica, o ASBC também se mostrou uma ferramenta de alfabetização científica e tecnológica, capacitando as comunidades a não apenas compreenderem os princípios científicos envolvidos, mas também a refletirem criticamente sobre suas práticas cotidianas e seu impacto

ambiental.

A educação ambiental desempenhou um papel crucial no sucesso da implementação do ASBC. As oficinas educativas não só capacitaram os participantes a construir e manterem o sistema, como também geraram uma conscientização crítica sobre o uso de recursos naturais e o papel das energias renováveis no desenvolvimento sustentável. Conforme argumentado por Leff (2002), a educação ambiental deve promover a reavaliação das práticas tecnológicas, integrando o conhecimento científico com as práticas culturais e locais. O ASBC demonstrou-se uma ferramenta pedagógica eficaz nesse sentido, promovendo um diálogo entre ciência, tecnologia e sociedade.

Contudo, o estudo também destacou desafios importantes para a replicabilidade do ASBC em larga escala. Embora os participantes tenham adquirido habilidades técnicas suficientes para reproduzir a tecnologia, muitos relataram dificuldades em termos de recursos financeiros e materiais, o que pode limitar a expansão do projeto. Além disso, ficou evidente a necessidade de políticas públicas mais robustas que incentivem a disseminação de Tecnologias Sociais como o ASBC, apoiando financeiramente as comunidades e promovendo programas de capacitação técnica. Conforme Saviani (2008) sugere, a educação tem um papel central na transformação social, e as instituições de ensino devem assumir um papel de liderança na promoção dessas iniciativas.

Em suma, o Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) provou ser uma TS eficaz, não apenas do ponto de vista técnico, mas também educacional. O impacto da alfabetização científica e tecnológica nas comunidades envolvidas foi significativo, gerando não apenas autonomia tecnológica, mas também uma maior conscientização sobre o papel da energia no contexto ambiental. Para que iniciativas como o ASBC sejam ampliadas, é essencial que a educação e as políticas públicas sejam integradas em estratégias de longo prazo, garantindo que essas inovações alcancem um número cada vez maior de comunidades e promovam um desenvolvimento verdadeiramente sustentável e inclusivo.

5 REFERÊNCIAS

- CARVALHO, I. C. de M. **Educação Ambiental Crítica: Vertentes e Trajetórias**. Contexto & Educação, 27(87), 85-106, 2012.
- CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: Uma Possibilidade para a Inclusão Social**. Porto Alegre: Ed. Unisinos, 2003.
- CUNHA, L. M. da S.; CUNHA, L. G. G. **Aproveitamento de energia solar a partir de um aquecedor solar de baixo custo - ASBC**. Faculdades Ponta Grossa, 2016. Artigo acadêmico.
- DAGNINO, R. **Tecnologia Social: Contribuições Conceituais e Metodológicas**. Florianópolis: Insular, 2014.
- FACIN, P. C.; JACOBS, A. L. **A alfabetização científica e tecnológica e o aproveitamento da energia solar: meio ambiente, sociedade e sustentabilidade**. Revista Conexões UEPG, v. 6, n. 1, p. 54-59, 2010.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2005.
- FREIRE, P. **Educação e mudança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979
- GADOTTI, M. **Educar para a Sustentabilidade: Uma Contribuição para a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Instituto Paulo Freire, 2008.

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder**. São Paulo: Vozes, 2002.

RODRIGUES, I.; BARBIERI, J. C. A **Emergência da Tecnologia Social: Revisitação do Movimento da Tecnologia Apropriada como Estratégia de Desenvolvimento Sustentável**. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 42, n. 6, p. 1069-1094, nov./dez. 2008.

SAUVÉ, L. **Educação Ambiental: Possibilidades e Limites**. *Educação e Pesquisa*, 31(2), 317-329, 2005.

SAVIANI, D. **Escola e Democracia**. São Paulo: Autores Associados, 2008.

SANTOS, B. de S. **A Crítica da Razão Indolente: Contra o Desperdício da Experiência**. São Paulo: Cortez, 2005.

SCHUMACHER, E. F. **Small is Beautiful: A Study of Economics as if People Mattered**. New York: Harper & Row, 1979.

SPRADLEY, James P. **Participant Observation**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1980.