



REUTILIZAÇÃO DAS CAIXAS DE TETRA PAK COMO FORRO: CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES POPULARES COM APLICAÇÃO AO ENSINO DE FÍSICA

REUSE OF TETRA PAK BOXES AS CEILINGS: THERMAL COMFORT IN AFFORDABLE HOUSING WITH APPLICATION IN PHYSICS TEACHING

Marlison Ramos Gomes Nunes, Yuri Monteiro Mendes¹, Manoel Reinaldo Elias Filho, Sinaida Maria Vasconcelos de Castro e Maria Dulcimar de Brito Silva

Departamento de Ciências Naturais, Centro de Ciências Sociais e Educação, Universidade do Estado do Pará
66113-010, Belém, PA, Brasil

Recebido em 24/11/2013. Revisado em 04/03/2014. Aceito em 15/05/2014.

Resumo

Novas tecnologias têm gerado um grande volume de resíduos, causando impactos no ambiente. Como alternativa para solução desses impactos, este trabalho demonstra a viabilidade da reutilização das caixas de Tetra Pak como forro residencial para redução do lixo. Para o estudo, foram construídos dois protótipos de casas que permitiram registrar as temperaturas em seus interiores, a fim de compará-las. Tais temperaturas mostraram-se, em sua maioria, inferiores na casa com o forro de Tetra Pak. Percebendo a eficácia dos protótipos, foi realizada uma oficina para transpor didaticamente os conteúdos de termologia para os alunos do ensino médio, como uma aplicação da física no cotidiano. O sistema mostrou-se viável como solução para diminuição residual.

Palavras-chave: Lixo. Reutilização. Tetra Pak. Conforto Térmico. Ensino de Física.

Abstract

New technologies have generated large amounts of waste, affecting the environment. As an alternative solution to these impacts, this work demonstrates the feasibility of reusing Tetra Pak boxes as house ceilings for waste reduction. For the research, two house prototypes that allowed the records of the temperatures at their interiors were built, in order to compare them. Those temperatures were, mostly, lower in the house with the Tetra Pak ceiling. Noticing the effectiveness of the prototypes, a workshop aiming the didactic transposition of the concepts of thermology for high school students was held, as an application of physics in everyday life. The system proved to be a feasible solution for waste reduction.

Keywords: Trash. Reuse. Tetra Pak. Thermal Comfort. Physics Teaching.

¹ E-mail: reinaldo@uepa.br

1 Introdução

A sociedade sempre retirou da natureza recursos necessários para sua sobrevivência, mas nas últimas décadas o homem tem utilizado em larga escala tais recursos para criação de diversas tecnologias e produtos, que acabam gerando diversos resíduos, ocasionando impactos ao meio ambiente. Como uma alternativa para tentar minimizar alguns fatores que influenciam esses impactos, o presente trabalho apresenta uma possível solução de diminuição de resíduos. Tal pesquisa é resultado de uma das ações do subprojeto da área de Física vinculado ao projeto intitulado “Universidade e Escola: desafios e caminhos para a formação de professores no contexto amazônico”, do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) da Universidade do Estado do Pará (Uepa), financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), desenvolvido ao longo de um ano.

Atualmente há várias definições sobre o que se entende por lixo ou resíduo sólido, devido aos diversos trabalhos apresentados que abordam esse tema, sendo oficialmente definido no Brasil, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), “Aqueles resíduos sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, agrícola, de serviços e de varrição [...]” (ABNT, 2004, p.1).

Fadini, P. e Fadini, A. (2001, p.1), por sua vez, definem como “[...] uma grande diversidade de resíduos sólidos de diferentes procedências, dentre eles o resíduo sólido urbano gerado em nossas residências”.

Segundo uma pesquisa promovida pelo Ministério do Meio Ambiente, o lixo vem sendo motivo de preocupação no decorrer dos anos, haja vista que houve um aumento considerável no volume desses resíduos. Os dados revelaram que a quantidade de lixo encaminhado à destinação final por pessoa (diariamente), em média, é de 1,2 quilos de lixo/dia, e expandindo esses valores ao âmbito nacional, temos cerca de 189.000 toneladas lixo/dia (BRASIL, 2012).

A taxa de produção de lixo demonstra o estilo de vida de uma população, pois ali se apresentam seus hábitos de consumo, que estão relacionados ao poder econômico das pessoas inseridas nessa cultura (FADINI, P.; FADINI, A., 2001).

Com esse grande problema ocasionado pelo lixo, várias soluções foram sugeridas para melhoria dessa incômoda situação, tais como a

compostagem, incineração, reciclagem e reutilização. Contudo, cada solução apresenta vantagens e desvantagens quando analisadas sob suas vertentes social, econômica, tecnológica, política e ambiental.

Para uma maior eficiência das soluções apresentadas, é indispensável que ocorra o gerenciamento adequado dos resíduos, uma vez que, no lixo, encontramos basicamente resíduos orgânicos, como restos alimentares e vegetais; inorgânicos, como metais e vidro, e detritos estáveis, como papéis, panos e plástico (MORAES, 2002 apud CUNICO, 2004). Portanto, para gerenciar estes materiais é fundamental que haja o planejamento das ações de forma racional e integrada, com um conjunto interligado de ações normativas, operacionais, financeiras e de estratégias para coletar, segregar, tratar e dispor adequadamente o lixo, assegurando saúde, bem-estar e melhores gastos de recursos públicos, além de proporcionar uma melhor qualidade de vida à sociedade (FADINI, P.; FADINI, A., 2001).

Dentre as possíveis soluções para os problemas causados pelo grande volume de lixo gerado, a reutilização se apresenta de modo extremamente relevante na tentativa de diminuição residual, já que reutilizar é uma forma eficiente de reduzir o excessivo volume de lixo, e, por consequência, diminuir a quantidade de resíduos a serem tratados, podendo, no caso das atividades realizadas no ensino de Física, serem transformados em equipamentos ou componentes para confecção de instrumentos e experimentos que melhorem a aprendizagem. Juntam-se assim os fatores ambientais ao educativo, contribuindo de forma significativa para a melhoria da formação dos alunos.

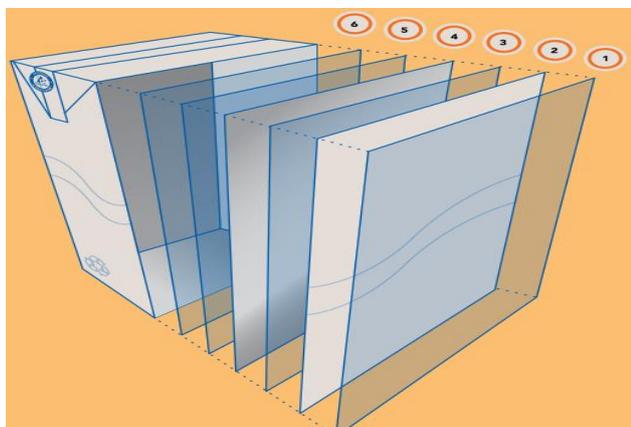
A possibilidade de incorporar essa nova tendência ambiental vê-se nessa disciplina, em que vários experimentos podem ser feitos através da reutilização de materiais na busca de novas ferramentas educacionais que proporcionem ao aluno um processo de ensino que se aproxime de sua realidade, propiciando um melhor entendimento dos conceitos, leis e teorias físicas.

Dessa forma, esse trabalho tem por objetivo reutilizar as caixas Tetra Pak como uma abordagem educacional no ensino da termologia por meio da simulação de forros de residências, com a intenção de entender os efeitos da aplicação real do forro de Tetra Pak.

As embalagens da Tetra Pak, usadas no armazenamento de vários tipos de produtos, são compostas de seis camadas: a primeira de

polietileno, que protege contra a umidade exterior; a segunda de papel, para a estabilidade e resistência das embalagens; a terceira repete polietileno, para maior aderência; na quarta camada encontramos alumínio, que forma uma barreira contra a passagem de oxigênio, o aroma e a radiação luminosa; a quinta volta a apresentar polietileno como mais uma camada de aderência; e na última camada encontramos novamente polietileno, mostrado na Imagem 1, como mais uma proteção para o produto. (TETRA PAK, 2011, p. 13). Em uma representação percentual, temos 75% de papel, 5% de alumínio e 20% de polietileno, segundo Schmutzler (2001 apud HERRERA, 2008).

Imagem 1 – Composição das caixas de Tetra Pak.



Fonte: Tetra Pak (2013).

A energia radiante, proveniente do Sol na forma de onda eletromagnética, quando incide no telhado, é parcialmente absorvida e transmitida por condução, até chegar ao ar no interior da casa. Sabe-se também que parte dessa radiação é refletida ou emitida pelo telhado na forma de ondas eletromagnéticas na faixa do infravermelho, para os meios externo e interno da residência, conforme imagem 2.

Na casa sem o forro de Tetra Pak, a energia irradiada pelo telhado e a energia térmica que é transmitida (por condução) do telhado para o ar no interior da casa aumentam a temperatura interna da residência.

Na residência com o forro de Tetra Pak, esta radiação emitida pelo telhado incide no forro, onde é refletida para o meio de origem ou absorvida pelo forro, que novamente emite na faixa do infravermelho para o meio externo e interno da casa, conforme imagem 3.

Essa irradiação do forro é muito menor que a irradiação no telhado, pois o forro é feito de material

altamente reflexivo, fazendo a temperatura no interior da casa diminuir, comparada à residência sem o forro.

Imagem 2 - Representação das trocas de calor em um telhado.

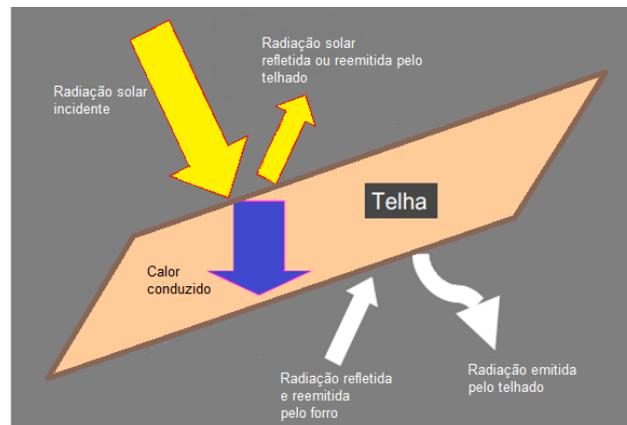
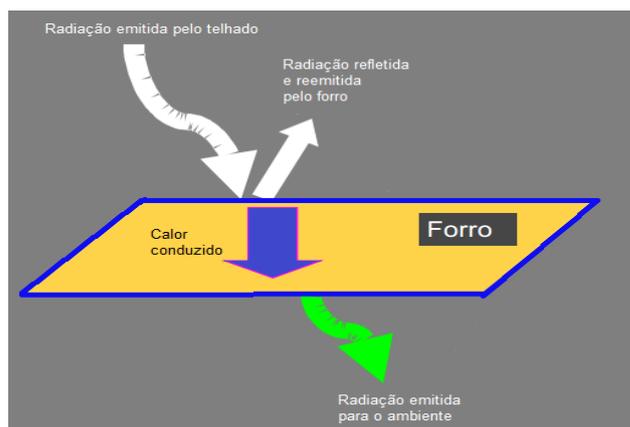


Imagem 3 - Representação das trocas de calor em um forro.



O trabalho também apresenta os dados que possibilitam a percepção de mudança da temperatura ocorrida em réplicas de residências do projeto Minha Casa Minha Vida, projeto de construção de casas populares financiadas pela Caixa Econômica Federal, para uma possível solução na redução de resíduos sólidos e melhoria da qualidade de vida através do conforto térmico, proporcionado pela aplicação da manta. Os dados da pesquisa foram comparados com o trabalho de Moraes (2011) sobre conforto térmico.

2 Metodologia

Foi realizada uma oficina como forma de exemplificar uma proposta educacional do experimento com o forro das caixas Tetra Pak, que após o uso convencional, podem ser reutilizadas como componente principal de mantas térmicas

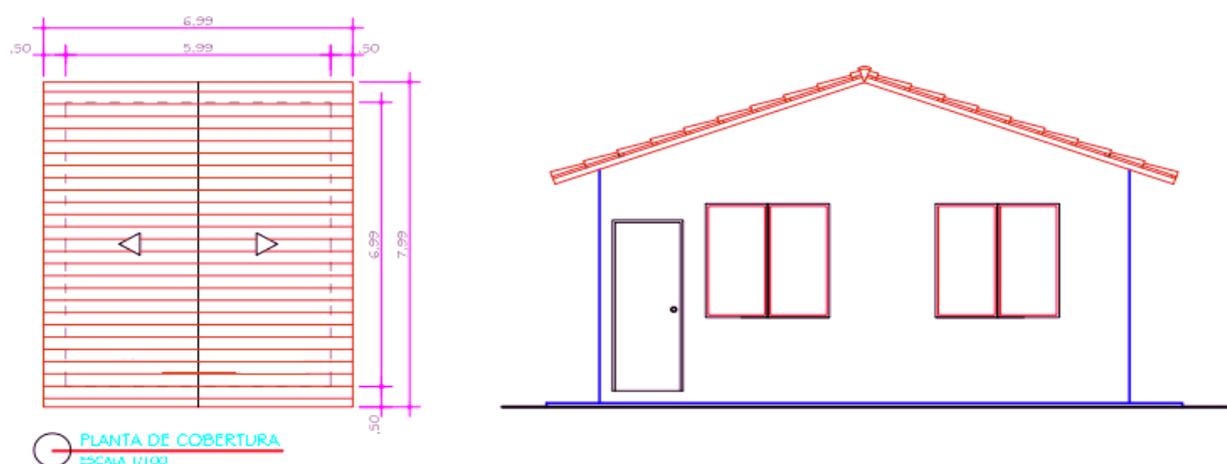
utilizadas em residências. Em regiões como a amazônica, de clima quente e úmido, com alta incidência solar, faz-se necessário a utilização de sistemas que possibilitem ambientes termicamente agradáveis nas residências.

O trabalho foi dividido em duas etapas, a primeira consistindo na realização de um teste experimental para obtenção de informações acerca da viabilidade de utilização das caixas de Tetra Pak como forro, sendo este experimento realizado no Centro de Ciências e Planetário do Pará “Sebastião Sodré da Gama”, entre os dias 19 e 27 de setembro de 2013. Com o propósito de realizar a transposição didática,

foi elaborada uma oficina aplicada na Escola Estadual de Ensino Médio e Técnico Francisco da Silva Nunes, com os alunos do 2º ano do curso técnico de enfermagem, com a finalidade de consolidar o entendimento dos conceitos de radiação e transferência de calor, vinculando-os a uma possível aplicação no cotidiano dos alunos.

Na primeira etapa do projeto foi realizada a montagem de duas réplicas em madeira, com comprimento, largura e altura baseados no projeto da Caixa Econômica Federal, conforme ilustra a imagem 4.

Imagem 4 – Planta do projeto Minha Casa Minha Vida, com dimensões em metro.



Fonte: Caixa Econômica Federal (2013).

A réplica da casa foi confeccionada adotando-se dimensões 14 vezes menores que as utilizadas no projeto da Caixa, com comprimento, altura e largura medindo respectivamente 50 cm, 42,8 cm e 18,5 cm, conforme ilustra a imagem 5. No entanto, a cumeeira da réplica não teve como base as especificações do projeto Minha Casa Minha Vida, uma vez que a mesma é definida levando em consideração os padrões propostos pela fabricante de telhas, que nesse experimento é a Brasilit, onde o valor da angulação é de 12,4°, devido à espessura da telha que foi utilizada, que nesse caso foi de 4 mm.

A construção de duas réplicas foi adotada para possibilitar a medição simultânea das temperaturas das casas, sendo diferenciadas pela presença ou não do forro de Tetra Pak. As medições foram realizadas no equinócio de primavera, época do ano em que a incidência dos raios solares é perpendicular às 12h no local de observação, e durante a qual se registram os valores mais elevados de temperatura.

Imagem 5 – Base estrutural das casas.



Tais medidas foram efetuadas de hora em hora, utilizando-se um termômetro a laser para a obtenção das temperaturas em graus Celsius. As medições iniciavam diariamente às 8h da manhã e terminavam às 17h, quando o dia se mantinha ensolarado e com baixa nebulosidade, porque algumas vezes foi

necessário encerrar mais cedo ou começar mais tarde, em razão do tempo estar nublado ou chuvoso.

Com base nos dados obtidos através do experimento, passou-se à segunda etapa do trabalho, em que foi proposta uma oficina educacional. Para a realização desta atividade, foram selecionados alunos do 2º ano do curso profissionalizante de Enfermagem da escola, os quais foram orientados de maneira teórica sobre a composição e a funcionalidade de cada elemento da caixa Tetra Pak, juntamente com os conteúdos de propagação de calor. Na sequência procedeu-se à construção de duas casas com materiais reutilizáveis, necessárias à continuação da atividade. A lista de materiais empregados foi composta de: caixa de papelão para construção da estrutura base, ilustrada na imagem 6; caixas Tetra Pak, que foram usadas como forro; além de tesoura, cola e fita adesiva, que deram suporte à sustentação das casas, tanto nas paredes como coberturas e subcobertura. Foram utilizadas duas lâmpadas de 100 W – uma para cada casa – as quais foram responsáveis pela radiação incidente. Tais materiais foram providenciados pelos alunos.

Imagem 6 – Base estrutural das casas na oficina.



A construção das casas foi realizada após a turma ser dividida em duas equipes, com sete integrantes cada, uma responsável pela casa sem forro e a outra pela casa com forro.

As casas possuíam as mesmas dimensões, enquanto que os detalhes estéticos ficaram a critério de cada equipe. Apesar de cores diferentes terem sido empregadas nas fachadas das casas, esse fator não influenciou nos processos, pois a radiação proveniente das lâmpadas incidiu no interior das réplicas. Após a construção experimental, os grupos passaram para a análise da parte teórica, que objetivava a percepção dos processos de propagação de calor e as diferenças térmicas existentes nas duas casas (imagens 7 e 8).

Imagem 7 – Equipe da casa forrada com Tetra Pak.



Imagem 8 – Equipe da casa sem forro.



3 Resultados e Discussão

Os resultados encontrados na pesquisa serão apresentados sempre levando em consideração as análises realizadas nos dois modelos de residência. Observa-se a estrutura das réplicas das casas nas imagens 9, 10 e 11.

Imagem 9 – Ilustração das casas.



Imagem 10 – Protótipo da casa sem forro.



Imagem 11 – Protótipo da casa com forro.



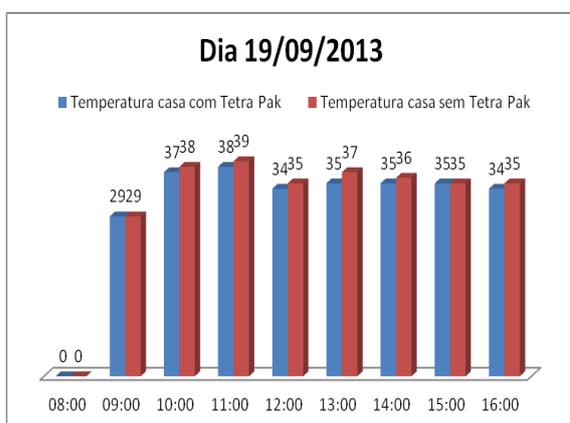
3.1 Análise da variação de temperatura

O experimento realizado no Centro de Ciências, com os protótipos de casas de padrão popular, apresentou valores conforme as informações que constam no gráfico 1.

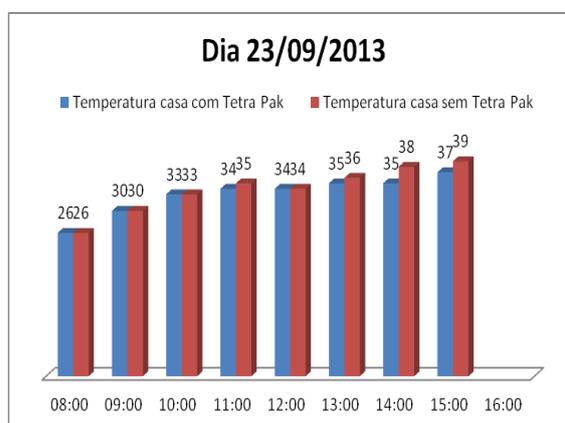
Durante as manhãs – nos horários de 8h às 10h – as temperaturas eram mais amenas, fazendo com que não houvessem grandes diferenças de temperatura entre as duas casas, apesar de terem havido grandes variações nas suas temperaturas individuais.

Gráfico 1 – Medições de temperaturas no interior das casas.

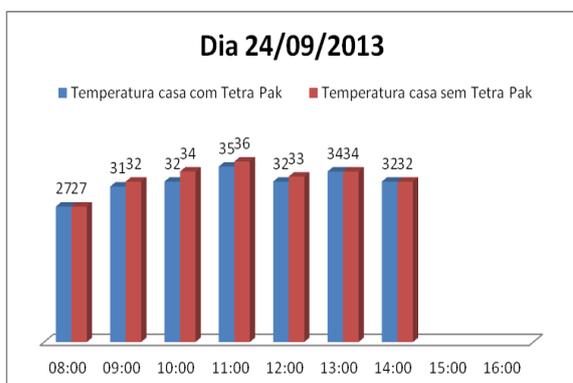
a) Medições do dia 19/09/2013



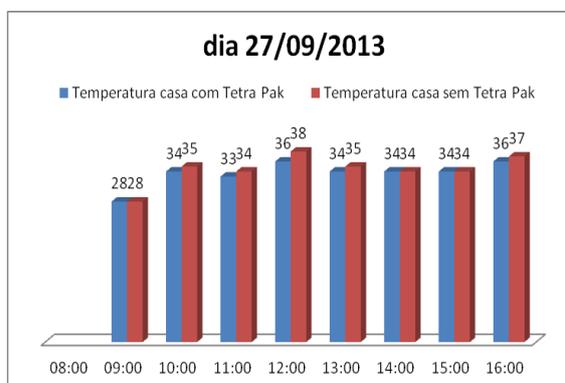
b) Medições do dia 23/09/2013



c) Medições do dia 24/09/2013



d) Medições do dia 27/09/2013



A temperatura foi sempre maior na casa sem forro Tetra Pak, e o valor máximo da diferença de temperatura entre os protótipos foi de 1°C. A partir das 11h as temperaturas se elevavam, aumentando a diferença, de modo que nos horários de picos de elevação da temperatura a diferença chegou a ser de até 2°C entre as casas, com temperaturas individuais elevando-se a no máximo 39°C. Com isso, notou-se que a casa com o forro era mais eficaz quando as temperaturas eram mais elevadas, as quais, no local de realização da pesquisa, ocorrem quando o Sol está no zênite, caso em que a incidência dos raios solares é de aproximadamente 90°C na superfície da Terra, ocasionando uma maior absorção de energia solar, aproximadamente às 12h.

Neste ponto é interessante comparar os dados da presente pesquisa com os de Moraes (2011), na qual foram utilizados três protótipos cobertos com telhas de fibrocimento, o primeiro utilizando forro de Tetra Pak, o segundo empregando mantas industriais e o terceiro sem subcobertura. Esses sistemas ficaram sujeitos às medições de temperatura interna em três horários: às 8h, 12h e 16h. Os dados coletados mostraram que nos horários próximos do meio dia o protótipo que continha forro de Tetra Pak apresentou as menores temperaturas, que se diferenciavam de aproximadamente 1°C dos demais protótipos.

A partir das análises dos dados obtidos nos dois trabalhos que estudaram o sistema de isolamento térmico para edificações residenciais feitos com forro Tetra Pak, verificou-se que o forro cumpriu com eficácia o seu papel, diminuindo as temperaturas no interior da casa e contribuindo para um melhor conforto térmico. Esse fato justificou a montagem da oficina experimental como ferramenta educacional para a abordagem dos conceitos relacionados ao fenômeno da propagação do calor.

3.2 Relevância da aplicação experimental no ensino de Física

Após desenvolver o experimento com duas casas nos padrões populares e obter informações das variações térmicas, foi realizada uma oficina que demonstrou aos alunos do 2º ano do ensino médio a importância da abordagem experimental no ensino da termologia por meio de simulação do experimento, com a intenção de entender os efeitos da aplicação real da Física através dos mecanismos de troca de calor.

Colaborando com o entendimento a respeito da aplicabilidade prática da Física no cotidiano, Soares

e Santos (2013) afirmam que a atividade experimental envolvendo o próprio aluno na execução leva em consideração que ele mesmo manipula os equipamentos e possui maior liberdade para explorar seu raciocínio. O uso da experimentação no ensino de Física contribui com o processo de assimilação dos alunos, tornando a aprendizagem mais eficaz, uma vez que eles mesmos descobrem na prática o significado dos conceitos abordados em sala de aula.

Com a atividade experimental, os alunos foram envolvidos pelos conteúdos lecionados, pois nela se estimulou a construção de novas concepções, contribuindo com o entendimento conceitual e prático, o que levou à percepção e aproximação da teoria com os fenômenos do cotidiano. Os alunos foram capazes de identificar os processos atuantes nas trocas de calor e o isolamento térmico consequente desses processos nas casas construídas por eles. O desempenho dos sistemas pode ser testado por meio da comparação das diferentes sensações térmicas sentidas nas duas casas, através do tato, pelos alunos.

4 Conclusão

Percebeu-se que as caixas de Tetra Pak são eficazes quanto à melhora do conforto térmico nos ambientes em que estão implantadas, principalmente nos horários de maior incidência solar. O forro pode ser aplicado em residências populares, haja vista que não exige métodos de implantação sofisticados, diminuindo ainda mais os gastos financeiros e ocasionando uma melhoria na qualidade de vida das pessoas de baixa renda.

Foi necessária a implantação da oficina na escola para melhorar a assimilação dos conceitos de termologia e mostrar a importância da reutilização como ferramenta auxiliadora na diminuição residual, pois se constatou que quando os alunos têm o conhecimento adquirido nas escolas aliado ao seu cotidiano, tem-se um maior interesse na busca de novos aprendizados, já que os mesmos levam tal fundamentação para sua realidade, aperfeiçoando as concepções preexistentes.

Com esse entendimento, os alunos apontaram para benefícios da reutilização de materiais, tanto para o meio social quanto para o ambiental, como forma de demonstrar que as pequenas ações também podem fazer diferença significativa, em razão de contribuírem para a diminuição dos problemas causados pela extrema produção de resíduos.

Assim, com esta pesquisa, mostra-se para a sociedade a importância da preservação do meio ambiente através de ações educativas que priorizem a reutilização de resíduos como ferramenta para o processo de ensino, independentemente da

disciplina estudada. Esta consciência poderá, futuramente, amenizar a quantidade final de resíduos dispostos nos lixões, diminuindo os impactos ambientais causados pela disposição inadequada dos diferentes tipos de resíduos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação, 2004, p.1. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 29 ago. de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: referencia - elaboração, 2002. Disponível em: <<http://www.habitus.ifcs.ufri.br/pdf/abntnbr6023.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos (PNRS)**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2013.

BRASILIT. **Apostila de Treinamento: CRFS**. Disponível em: <<http://www.brasilit.com.br/pdf/apostilas/apostila-CRFS.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2013.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Cadernos Caixa projeto padrão**: casas populares. GIDUR/Vitória. 2006.

CUNICO, M. M. **Lixo e meio ambiente**: uma proposta para o ensino de química e de geografia na educação de jovens e adultos em espaços prisionais. Curitiba: Faculdades Curitiba, 2004. Monografia (Especialização em Educação de Jovens e Adultos). Faculdades Curitiba. Curitiba, 2004. Disponível em: <<http://www.mcunico.com.br/arquivos/140301160437.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2013.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, ed. especial, maio, 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbg.org.br/online/cadernos/01/lixo.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2013.

HERRERA, Q. J. A. **Aplicação da climatologia dinâmica ao estudo do comportamento térmico das edificações, casos específicos**: telhas produzidas a partir de caixas cartonadas. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. Dissertação (Mestrado – Programa da Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) - Centro de Recurso Hídrica e Ecologia Aplicada, CRHEA – Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

MORAES, D. M. de. Análise do conforto térmico em protótipos de habitações para usuários de baixa renda, com isolamento térmico reutilizando embalagens Tetra Pak: etapa 1. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_135_855_17916.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2013.

SOARES, J. I; SANTOS, R. P. dos. Concepções dos professores do CEFET-PI sobre as atividades experimentais no ensino-aprendizagem de física. In: Simpósio Sulbrasileiro de Ensino de Ciências, 15, 2008, Canoas. **Anais...** Canoas, 2008. Disponível em: <http://www.fisica-interessante.com/files/artigo-concepcoes_professores_atividades_experimentais_aprendizagem_fisica.pdf>. Acesso em 15 nov. 2013.

TEIXEIRA, E. N; BIDONE, F. R. A. (Org.). **Programa de pesquisa e saneamento básico**: Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem, e reutilização dos resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/036400.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2013.

TETRA PAK. **Relatório de Sustentabilidade (2010 – 2011)**. Tetra Pak Brasil. Disponível em: <<http://www.medigroup.com.br/host/TetraPak/2011/port/ra/index.htm#r>>. Acesso em: 15 mai. 2013.