



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

IVALDY JOSÉ NÓBREGA BARRETO

**FOGÃO SOLAR DO TIPO CAIXA: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE PROPAGAÇÃO DO CALOR**

**CAMPINA GRANDE
2018**

IVALDY JOSÉ NÓBREGA BARRETO

**FOGÃO SOLAR DO TIPO CAIXA: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE PROPAGAÇÃO DO CALOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano.

**Campina Grande
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B273f Barreto, Ivaldy José Nóbrega.
Fogão solar do tipo caixa [manuscrito] : relato de uma experiência didática para o ensino de propagação do calor / Ivaldy José Nóbrega Barreto. - 2018.
107 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano, Departamento de Física - CCT."
1. Propagação de calor. 2. Ensino de matemática. 3. Experimentos didáticos. 4. Fogão solar. I. Título

21. ed. CDD 536

IVALDY JOSÉ NÓBREGA BARRETO

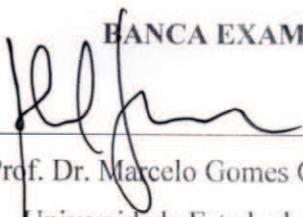
FOGÃO SOLAR DO TIPO CAIXA: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE PROPAGAÇÃO DO CALOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

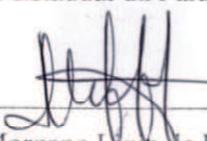
Área de concentração: Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

Aprovado em **30 de Maio de 2018**.

BANCA EXAMINADORA

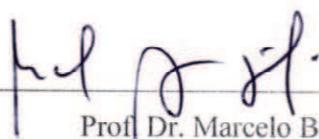


Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Morgana Lygia de Farias Freire
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Edvaldo de Oliveira Alves (*In Memoriam*)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Marcelo Bezerra Grilo
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A meu grande Professor, Orientador e Amigo inesquecível que me ajudou muito ao longo de minha vida acadêmica Edvaldo de Oliveira Alves, o Grande e inesquecível Mará (*In memoriam*), a minha “vó” Arlinda Eulina (*In memoriam*), meus Pais e irmão, minha esposa Lidiana e minha filha Maria Clara, pela dedicação, companheirismo e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus que me proporcionou tudo isso, pois sem Ele nada disso seria capaz e a minha Mãe Maria Santíssima que esteve sempre a me iluminar e principalmente durante esta jornada dos meus estudos.

Ao Professor Dr. Marcelo Gomes Germano e a Professora Dra. Morgana Ligia de Farias Freire pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação.

Ao Professor Dr. Marcelo Bezerra Grilo por todo o apoio e todas as contribuições sugeridas ao longo deste trabalho.

A meu grande Amigo, Professor, Conselheiro e Orientador na Graduação Prof. Dr. Edvaldo de Oliveira Alves, grande Mará, por toda amizade e ajuda dada durante todo esse tempo em que você esteve e estará entre nós (*in memoriam*).

Ao meu pai Ivaldy Barreto da Silva e minha mãe Niomar Nóbrega Barreto pela compreensão e apoio incondicional para que pudesse alcançar este objetivo.

A minha avó Arlinda Eulina da Nóbrega (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, sentia sua presença ao meu lado, dando-me força durante todos os dias desta pós-graduação.

A minha esposa Lidiana Sousa Vidal Nóbrega e minha filha Maria Clara Vidal Nóbrega por todo companheirismo e por estarem sempre presentes me dando força para alcançar meus objetivos.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba por todo apoio e colaboração para que tudo isso acontecesse.

Aos professores que compõem o programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, que contribuíram, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas e amigos professores do IFPB Campus Sousa, José Guimarães de Carvalho Neto pela grande ajuda e parceria e por permitir utilizar o fogão solar do tipo caixa construído por ele nesse meu trabalho, Marcos José do Nascimento Junior pela ajuda ao me fornecer o sistema de sensores térmicos utilizando a tecnologia Arduino para a medição da temperatura interna dos fogões, Victoria Maria Santiago de Oliveira pela ajuda

na confecção dos abstracts desse trabalho e meu compadre, amigo e irmão de profissão Valdenes Carvalho Gomes pela ajuda e incentivo ao longo de todo esse trabalho.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio, e em especial a amiga Carla Valéria Ferreira Tavares pela ajuda, incentivo, companheirismo, conversas e sugestões importantes na construção deste trabalho.

RESUMO

Nos últimos anos, a Educação vem sofrendo inúmeras modificações, principalmente quando se refere aos esforços realizados na busca de melhorias no ensino da Física. Para isso, novos materiais e métodos são desenvolvidos em escala cada vez maior, dessa forma, muita coisa entra em cena nas salas de aula de ensino médio regular e técnico de hoje. Muitas dessas alternativas estão ligadas ao uso de tecnologias de informação e comunicação, já outras propostas estão orientadas ao uso de experimentos de baixo custo ou até mesmo o uso da própria estrutura da escola como os laboratórios ou salas de vídeo. Dentro das diversas alternativas criadas e existentes, elegemos os experimentos de baixo custo como ferramenta didática na busca de uma melhor estratégia de ensino da Propagação do Calor por meio de um fogão solar do tipo caixa de baixo custo. Neste sentido, foi desenvolvida uma pesquisa de natureza qualitativa do tipo ação cujo objetivo central é utilizar um fogão solar do tipo caixa de baixo custo como proposta didática para ensinar Propagação do Calor a partir da construção, utilização e análise dos resultados obtidos. O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia IFPB – Campus de Sousa e o público alvo foi a turma de 2º ano do Ensino Médio do curso Técnico em Meio Ambiente composta por 11 alunos e que foram divididas em 3 grupos nos quais cada grupo ficou responsável por trabalhar um fogão solar diferente. A proposta didática foi dividida em 4 oficinas, com duração de 2 horas/aulas cada oficina e foram executadas no próprio espaço escolar, onde a oficina 1 e 2 tratou da montagem dos fogões, na oficina 3 foi realizada a experimentação e coleta de dados por meio de anotações e de sensores térmicos acoplados aos fogões, e a oficina 4 foi o momento de analisarmos a eficiência dos fogões a partir da apresentação do conteúdo programático Propagação do Calor. Durante as oficinas o fogão solar foi construído e colocado em funcionamento pelos estudantes que por sua vez, coletaram informações de seu funcionamento para posterior análise em sala de aula. Para tal procedimento utilizou-se os momentos pedagógicos de Delizoicov, que são: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento na busca de tornar essa prática eficaz. Foram realizados na última oficina a apresentação do conteúdo programático, um pequeno questionário e a apresentação de um gráfico com os dados coletados por sensores térmicos ligados a um sistema de coleta de dados feito em Arduino que permitiu verificar com exatidão o aquecimento real de cada fogão construído. Ao término das oficinas, percebe-se que os momentos pedagógicos de Delizoicov e a proposta didática tornaram-se extremamente eficaz para o ensino da propagação do calor, assim como, oferecem condições de se tornar uma prática corriqueira em salas de aula como as do curso técnico em Meio Ambiente do Campus Sousa do IFPB.

Palavras-chave: Fogão solar, Propagação do Calor, Experimentos, Ensino de Física.

ABSTRACT

In recent years, Education has been undergoing numerous developments, especially when it refers to the efforts in leading education in Physics teaching. For this, new materials and methods are developed on an ever-increasing scale, so much of these takes part in today's regular and technical high school classrooms. Many of these alternatives are linked to the use of information and communication technologies, and other proposals are oriented to the use of low cost experiments or even the use of the school structure itself, as laboratories or video rooms. Within many created and existing alternatives, we chose the low cost experiments as a didactic tool in the search for a better strategy of teaching Heat Propagation through a low cost box type solar cooker. In this sense, an action qualitative research was developed and it aimed to use a low cost box type solar cooker as a didactic proposal to teach Heat Propagation from the construction, use and analysis of the obtained results. The work was developed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Paraíba (IFPB Campus Sousa), and the target audience was the 2nd grade class of the Technical Course in Environment composed by 11 students, which were divided into 3 groups in which each group was responsible for working with a different solar cooker. The didactic proposal was divided in 4 workshops at school, with duration of 2 hours each, in which workshops 1 and 2 concerned the stoves' assembly, workshop 3 carried out the experimentation and data collection using notes and the thermal sensors coupled to the stoves, and the workshop 4 analyzed the efficiency of the stoves from the presentation of the program content Heat Propagation. During the workshops, the solar cooker was built and put into operation by students who collected information about its operation for later analysis in the classroom. For this procedure, Delizoicov's pedagogical moments were used, which are: the initial problematization, the knowledge organization and the knowledge application, seeking the effectiveness of this practice. In the last workshop were made: the programmatic content presentation, a small questionnaire application and the presentation of a graphic with the data collected by thermal sensors connected to a data collection system made in Arduino that allowed verifying with accuracy the actual heating of each stove. At the end of the workshops, it was noticed that the pedagogical moments of Delizoicov and the didactic proposal have become extremely effective for Heat Propagation teaching, as well as offer conditions to become a common practice in classrooms such as the technical course in the Environment of IFPB Campus Sousa.

Keywords: Solar cooker. Heat Propagation, Experiments, Physics Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Potencial de radiação solar brasileiro (adaptado)	23
Figura 2: Fogão solar feito a partir de uma antena parabólica	26
Figura 3: Fogão solar do tipo painel.....	26
Figura 4: Fogão solar do tipo caixa	27
Figura 5: Esquema representativo do fogão solar funcionando	28
Figura 6: Tipos de transferência de calor	29
Figura 7: Transferência de calor por condução por meio da atividade molecular	30
Figura 8: Transferência de calor por convecção em uma camada.....	31
Figura 9: Água em uma panela sendo aquecida	32
Figura 10: Espectro eletromagnético	33
Figura 11: Representação da radiação térmica sobre o vidro protetor do fogão	34
Figura 12: Representação simplificada do Efeito Estufa natural	36
Figura 13: Representação do Efeito Estufa dentro do fogão solar	37
Figura 14: Representação do fogão solar e dos processos de transferência de calor	38
Figura 15: Regime permanente (a) e Regime transiente (b).....	39
Figura 16: Fluxo de calor por meio de uma barra de ferro.....	40
Figura 17: Fluxo de calor por meio de uma placa	41
Figura 18: Ilustração do fluxo de calor sobre as paredes laterais do fogão.....	42
Figura 19: Fogão solar do tipo caixa em processo de aquecimento	43
Figura 20: Representação do fluxo de calor sobre as paredes do fogão.....	44
Figura 21: Representação das correntes de ar dentro do fogão	45
Figura 22: Representação da radiação incidente sobre o fogão.....	46
Figura 23: Representação da emissão de radiação infravermelha.....	47
Figura 24: Representação do Efeito Estufa dentro do fogão solar	48
Figura 25: Estudantes recebendo material de trabalho.....	55
Figura 26: Turma trabalhando na construção dos fogões.....	57
Figura 27: Recipientes com água utilizados nos fogões.....	57
Figura 28: Estudantes analisando o funcionamento dos fogões	58
Figura 29: Gráfico comparativo do aquecimento dos fogões.....	59
Figura 30: Análise dos fogões pós experimentação	60
Figura 31: Registro da aula sobre propagação do calor.....	61
Figura 32: Estudantes respondendo questionário	62
Figura 33: Momento da montagem dos fogões.	64
Figura 34: Montagem das camadas internas do fogão.	64
Figura 35: Finalização da primeira etapa de montagem do fogão.....	65
Figura 36: Montagem da camada interna	65
Figura 37: Fogões prontos para experimentação	66
Figura 38: Fogões em funcionamento no pátio da escola	67
Figura 39: Fogões com ligeiro embaçamento dos vidros	68
Figura 40: Aula expositiva sobre o fogão e a propagação do calor.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diminuição do fluxo de calor na tampa do fogão solar.....	45
Tabela 2: Aumento do fluxo de calor na tampa do fogão solar.....	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. SUPORTE TEÓRICO.....	19
3.1. EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO.....	19
3.2. ENERGIA SOLAR.....	22
3.3. O FOGÃO SOLAR.....	24
3.3.2. O Fogão Tipo Pannel.....	26
3.3.3. O Fogão solar do Tipo Caixa.....	27
3.4. TRANSFERÊNCIA OU PROPAGAÇÃO DE CALOR.....	29
3.4.1. O Processo de Condução.....	30
3.4.2. O Processo de Convecção.....	31
3.4.3. O Processo de Radiação.....	32
3.4.4. Propriedades da Radiação térmica.....	34
3.4.5. Efeito Estufa.....	35
3.4.6. Mecanismos Combinados.....	38
3.4.7. Regimes de Transferência de Calor.....	39
3.4.8. Lei de Fourier.....	39
3.4.9. Condução de Calor em uma Parede Plana.....	41
3.4.10. O Fogão solar e a Propagação do Calor.....	42
3.4.11. Condução Térmica e o Fogão solar.....	44
3.4.12. Características Importantes da Equação de Fourier.....	45
3.4.13. Convecção Térmica e o Fogão solar.....	45
3.4.14. Radiação ou Irradiação Térmica e o Fogão solar.....	46
3.5. OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS DE DELIZOICOV.....	48
4. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	52
4.1. NATUREZA DA PESQUISA.....	52
4.2 LOCAL E PÚBLICO ALVO.....	53
4.3. METODOLOGIA DA INTERVENÇÃO.....	54
4.3.1. Oficina 01.....	55
4.3.2. Oficina 02.....	56
4.3.3. Oficina 03.....	57
4.3.4. Oficina 04.....	60
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
5.1. OFICINA 01 E 02.....	63
5.2. OFICINA 03.....	66
5.3. OFICINA 04.....	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICES.....	77
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....	78
APÊNDICE B - CARTILHA DE MONTAGEM DO FOGÃO.....	83

1. INTRODUÇÃO

A transformação da sociedade que vivemos, faz com que a Educação também passe por inúmeras modificações, sobretudo, no que se refere a qualidade no processo de ensino e aprendizagem. Para garantir essa qualidade, novos métodos e materiais são desenvolvidos em escala cada vez maior.

Nos tempos atuais, o ensino de Física no Ensino Médio não vem sendo uma tarefa fácil e, quando se procura por métodos e experiências diferentes para cumprir essa tarefa, várias alternativas já existentes são apresentadas assim como outras estão sendo construídas. Dentre elas, as que estão ligadas ao uso de tecnologias de informação e comunicação como ao estudos e pesquisas apresentados por Pires e Veit (2006). Outras propostas estão ligadas ao uso de experimentos de baixo custo como proposto em Moraes (2010) ou até mesmo de laboratórios bem equipados, vídeos, simuladores, livros, cartilhas, e alternativas diversas que são construídas com o intuito de melhorar a prática docente da Física.

Dentre as diversas possibilidades citadas, optamos por trabalhar com os experimentos de baixo custo que, embora não sendo novidade em matéria de inovação no ensino de ciências, ainda carrega grandes possibilidades, sobretudo quando pensamos em alternativas simples, criativas e próximas à realidade da maioria das Escolas Públicas do país. Ainda podemos destacar a interação que pode existir entre os estudantes e o professor de Física, e com outras áreas do saber, podendo ser despertado no processo de experimentação aqui proposto.

Nesse trabalho, estamos questionando se uma proposta de ensino fundamentada na construção e manipulação de um experimento com material de baixo custo pode efetivamente auxiliar na qualidade do ensino e da aprendizagem de Física e, para responder a essa questão, temos como objetivo principal, utilizar um fogão solar do tipo caixa de baixo custo como uma proposta didática para ensinar a propagação do calor, dentro desta perspectiva, alguns outros objetivos acabam por complementar nosso trabalho e foram mencionados adiante.

Embora os experimentos com material de baixo custo já sejam conhecidos, ainda continuam conquistando espaço dentro das salas de aula de Física, principalmente pela fácil aquisição, possibilidade de manipulação e permissividade criativa que despertam. Até porque, sempre é muito atraente a ideia de produzir grandes efeitos a partir de coisas simples. Por outro lado, como se trata de um fogão solar de baixo custo, do tipo caixa, o mesmo tem a

possibilidade de ser utilizado de maneira doméstica, dessa forma, o artefato ainda pode ser tratado como um tipo de tecnologia social.

A fim de alcançar condições favoráveis para a explicação dos processos de propagação do calor, o artefato aqui utilizado consegue ser analisado dentro do contexto do ensino de Física, e possibilitou uma proposta didática que passou pela construção, uso e interpretação de seu funcionamento condições favoráveis para o ensino de propagação do calor.

Nesse momento, é bom ressaltar que a escolha do fogão solar do tipo caixa apenas como experimento de baixo custo é referente a necessidade de tratarmos a Física presente em todo o processo de funcionamento do mesmo, porém, o fato do fogão ser considerado um tipo de tecnologia social, e por já ser utilizado pelo Curso Técnico em Meio Ambiente do IFPB - Campus Sousa pelo prof. José Guimarães de Carvalho Neto em disciplinas de gestão ambiental com esta perspectiva, nos permitiu dar outro viés ao fogão sem torna-lo repetitivo, e sendo assim, trata-lo como experimento proporcionou a sensação de novidade e algo interessante e significativo para os estudantes. O professor José Guimarães de Carvalho Neto como construtor desse tipo de fogão solar, permitiu que o mesmo fosse colocado em outro tipo de prática docente na intenção de torna-lo uma ferramenta mais interessante e envolvente dentro do Curso Técnico em Meio Ambiente do IFPB – Campus Sousa.

Os estudantes que participaram desta proposta compunham a turma de 2º ano do ensino médio técnico integrado do Curso Técnico em Meio Ambiente do Campus Sousa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB. Como o Campus do IFPB da cidade de Sousa é dividido em dois, o Campus em São Gonçalo (Campus do campo) e o Campus em Sousa (Campus sede), os dois ficam localizados no sertão paraibano, porém, a proposta didática foi trabalhada no campus em São Gonçalo, pois se trata do Campus no qual o curso de Meio Ambiente funciona. São Gonçalo é um distrito de Sousa, município do interior do estado da Paraíba. Esta região é muito conhecida pelo seu potencial no cultivo do coco e banana. É uma região do Sertão paraibano, que está localizada a 15,6 km de distância de Sousa e a 449 km da capital paraibana João Pessoa.

A proposta didática, tem como interesse também, potencializar o Ensino da Física por meio de experimentos práticos que até então, são conhecidos, de modo indireto, pelos estudantes e por alguns professores, que nesse caso em particular é o fogão solar do tipo caixa, dando condições de tornar esta prática corriqueira na escola. A perspectiva de melhorar o ensino de Física, passa por fazer uso desse equipamento e tentar melhorar a aprendizagem de Física, e em especial o tema da propagação do calor por parte dos estudantes desse curso.

De acordo com Carvalho (2009):

O trabalho do professor, portanto, deve direcionar-se totalmente para a aprendizagem dos estudantes. É necessário que o professor tenha consciência de que sua ação durante o ensino é responsável pela ação dos estudantes no processo de aprendizagem. O ensino deve potencializar a aprendizagem. (CARVALHO, 2009, p. 10).

Com a preocupação de potencializar o ensino de Física, podemos afirmar que a motivação de nosso trabalho surgiu quando nos deparamos com o fogão solar do tipo caixa sendo utilizado por meio do Professor José Guimarães Neto, durante uma de suas aulas no curso técnico em Meio Ambiente do IFPB. Percebeu-se que o fogão não era tratado pela sua potencialidade física, isto é, não se tratava dos processos de propagação do calor presentes em seu funcionamento, assim, acabamos verificando que seria interessante propor um modelo didático para introduzir o conteúdo de propagação do calor montando, executando e analisando o seu funcionamento.

Outro aspecto importante que originou as intenções desse trabalho, é o fato do ensino de propagação do calor não ser uma tarefa fácil, pois, ensinar propagação do calor envolve aspectos importantes e presentes no nosso dia-a-dia. Eventos físicos como Efeito Estufa, correntes de convecção, reflexão de raios luminosos são temas que podem ser abordados por meio deste experimento, sendo possível discutir esses fenômenos físicos. Diante do exposto, propomos, junto aos estudantes, um modelo didático de trabalho e de ensino, no qual é possível identificar a influência de cada processo de propagação do calor por meio do experimento.

Partindo desta motivação, construímos um cronograma de atividades dentro e fora da sala de aula, para fazer com que o estudante pudesse “viver” a montagem, execução e discussão dos resultados experimentais de um fogão solar do tipo caixa feito com material de baixo custo e absorção de conteúdo regular do Ensino Médio e Técnico de maneira atrativa e interessante, rompendo com a metodologia tradicional. Assim, a aula foi trabalhada por meio do confronto de ideias e argumentações construídas pelo estudante e pelo docente, possibilitando um incremento aos procedimentos de raciocínio e habilidade junto ao tema proposto e aos experimentos escolhidos. De acordo com o que propõe a importância do uso de experimento de baixo custo, Carvalho (2009):

A importância do trabalho prático é inquestionável na Ciência e deveria ocupar lugar central em seu ensino. Houve uma época em que os experimentos serviam apenas para demonstrar conhecimentos já apresentados aos estudantes e verificar leis plenamente estruturadas. Passou-se depois a utilizar o laboratório didático como um

local onde se pretendia que os estudantes redescobrissem todo o conhecimento já elaborado. (CARVALHO, 2009, p. 18).

Assim, a atividade experimental foi estabelecida como uma ponte entre o ensino de ciências no que diz respeito a propagação do calor e a gestão ambiental e tendo o uso de materiais alternativos e de baixo custo no entendimento e aprofundamento de um conhecimento científico. Dentro dessa perspectiva de propor um modelo diferente de ensino no curso técnico em Meio Ambiente, o experimento do fogão solar favoreceu o trabalho do docente.

Devido o mesmo fazer parte de um contexto interessante de tecnologia social, que de forma simples, e no dizer de Dagnino (2014):

Ele seria o resultado da ação de um coletivo de produtores sobre um processo de trabalho que, em função de um contexto socioeconômico (que engendra a propriedade coletiva dos meios de produção) e de um acordo social (que legitima o associativismo), os quais ensejam, no ambiente produtivo, um controle (auto gestor) e uma cooperação (de tipo voluntário e participativo), permite uma modificação no produto gerado passível de ser apropriada segundo a decisão do coletivo (DAGNINO, 2014, p.144).

O curso de Meio Ambiente, luta por uma melhor qualidade de vida das pessoas e uma melhor gestão do ambiente em que vivemos, o fogão solar tem um papel importante na escola e no curso que é influenciar o estudante na busca de estratégias que melhorem as condições de sobrevivência de qualquer comunidade. Como o curso situa-se em uma região semiárida da Paraíba, o mesmo pode ser utilizado por comunidades rurais para aquecer água, no preparo de alimentos, e em especial para estimular o desuso do fogão à lenha.

O fogão solar é um experimento que pode ser feito ou não com material de baixo custo e o mesmo pode ser tratado como uma tecnologia social, pois seu foco no Curso Técnico de Meio Ambiente do IFPB-Sousa, é promover o uso consciente das energias renováveis (neste experimento a energia solar) juntamente com a redução do uso de lenha nas casas de moradores da zona rural de Sousa.

A Física estará presente de modo direto no fogão solar, e por este motivo usamos o mesmo como principal instrumento deste trabalho, assim, é importante ressaltar a interação existente entre a Física e as disciplinas e atividades do curso técnico em Meio Ambiente, uma vez que neste curso, a Física é a ciência que está em contato direto com a natureza e suas interações. Partindo dessa premissa, apresentamos um método de interpretação do conteúdo propagação do calor, por meio deste experimento de Física que tem importância social no que

diz respeito à conscientização sobre o uso de lenha e experimental para a aprendizagem dos processos de propagação de Calor.

Para uma melhor compreensão de cada passo dado nesta proposta de ensino, decidimos introduzir nesse estudo as ideias de Delizoicov (2002), já que o mesmo apresenta um método de ensino de ciências pautado em 3 momentos pedagógicos, a problematização inicial, a organização do conteúdo e a aplicação do conteúdo. Segundo Ferrari (2008):

Os três momentos, portanto, foram originalmente propostos como desdobramento da Educação problematizadora aplicada à construção de um currículo de Educação científica. Atualmente é utilizada na introdução de tópicos de ciências já considerados significativos para os estudantes, independentemente de ter sido realizada a investigação temática nos moldes propostos por Freire [...] (FERRARI, 2008, P.10).

Os três momentos pedagógicos de Delizoicov trazem para nosso trabalho a possibilidade de executar por etapas os momentos pedagógicos em acordo com cada momento vivido durante a construção, execução e análise e organização de ideias presentes no fogão solar, potencializando nosso trabalho. Um aspecto importante e que deve ser mencionado neste momento, é a mudança da sequência estabelecida por Delizoicov para o uso de seus três momentos pedagógicos. Mudamos esta ordem por acreditarmos numa melhor forma de repasse de conhecimento do conteúdo por nós escolhido de maneira diferente do habitual.

Nessa proposta de ensino incluímos a presença de um questionário ao término das oficinas, porém, nos deteremos apenas as questões que trazem relevância para nosso trabalho e que favorecem o uso deste processo de ensino. O questionário informado foi apresentado na íntegra como apêndice e nos nossos resultados e discussões tratamos de algumas questões com provável relevância.

Diante do exposto nesse texto, apresentamos nosso trabalho contendo 6 capítulos nos quais cada um deles foi brevemente tratado aqui. No capítulo 1 discutiremos em poucas palavras a nossa motivação, os objetivos e os temas a serem discutidos para que nossa proposta didática aconteça. Nesse capítulo também é iniciado o discurso sobre a potencialidade desta proposta didática e como chegamos ao nosso produto educacional.

No capítulo 2, é apresentado quais são nossos objetivos a serem alcançados com a realização desta proposta didática, separando os objetivos em geral e específicos.

No capítulo 3, foi feita uma análise teórica das temáticas abordadas ao longo da execução dessa proposta didática de trabalho, isto é, discutimos nosso suporte teórico para que o trabalho tenha sustentação, passando pelos temas primordiais para o sucesso dessa

proposta didática, como experimentação com material de baixo custo, energia solar, fogão solar, os momentos pedagógicos de Delizoicov, propagação do calor e propagação do calor no fogão solar.

No capítulo 4, passamos pela construção da metodologia de pesquisa e de trabalho dessa proposta didática, por onde discutimos de que maneira toda a proposta aconteceu. Tratamos também neste capítulo, na divisão da metodologia de intervenção por oficinas para que fosse possível dar uma melhor interpretação dos momentos pedagógicos utilizados e todo o percurso didático realizado. Nesse capítulo em especial, o trabalho realizado foi amplamente discutido e apresentado para que todo e qualquer docente de Física tenha condições de realizar em qualquer sala de aula da Segunda Série do Ensino Médio.

Já no capítulo 5, chamado de resultados e discussões, foi feito um discurso de todo o processo de trabalho realizado ao longo de nossa proposta didática e aproveitou-se para analisar os resultados obtidos em cada passo dado e o que atrapalhou ou ajudou no caminhar de nossa proposta. Foi realizada uma análise passo a passo das dificuldades e dos resultados positivos e negativos de cada oficina, para que seja possível durante a leitura entender o caminhar pedagógico e estratégico dos momentos pedagógicos utilizados em cada passo dado. Neste momento, também foi realizada uma pequena análise crítica do questionário que neste trabalho não foi tratado como ponto principal.

E por fim, no capítulo 6, foi feita uma pequena análise sobre toda a proposta na busca da validação ou não de nosso trabalho, dando as últimas considerações sobre todo o processo de construção desta proposta didática, com o cuidado de verificar ao término deste, se todos os objetivos traçados ao longo deste trabalho puderam ser alcançados, e como esse resultado pode melhorar o ensino de Física. O esperado era poder montar uma proposta didática que proporcionasse ao docente condições de explorar o conhecimento prévio dos estudantes com qualidade para aprimorar a aprendizagem dos mesmos, dando condições para que essa proposta chegasse a se tornar uma prática eficiente de trabalho docente na forma de proposta didática.

O resultado após o término da proposta didática foi alcançado, pois todos os objetivos puderam ser contemplados ao longo das oficinas e principalmente o fato de nosso protagonista, o fogão solar do tipo caixa, ter favorecido a aprendizagem de nossos estudantes. Foi possível construir, colocar em funcionamento, verificar seu funcionamento, coletar informações e ainda por cima aplicar o conteúdo programático de Propagação do Calor por meio do equipamento validando a proposta didática e tornando a mesma uma prática interessante para docentes e estudantes. Também podemos destacar que a produção de uma

cartilha de montagem de um fogão solar, como produto educacional para estudantes e docentes foi alcançada e colocada neste trabalho como apêndice.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Nosso objetivo principal dentro desta proposta didática será:

- Utilizar um fogão solar do tipo caixa de baixo custo como uma proposta didática para ensinar Propagação do Calor.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, podemos ressaltar:

- Construir um fogão solar com materiais de baixo custo;
- Fazer uso do fogão solar construído pelos estudantes para verificação de seu funcionamento;
- Interpretar o funcionamento do fogão solar com os processos de propagação do Calor;
- Construir um questionário para coleta de informações dos estudantes ao término da proposta didática;
- Construir uma cartilha de montagem do fogão solar do tipo caixa de baixo custo para docentes e estudantes.

3. SUPORTE TEÓRICO

Neste capítulo evidenciamos o estudo realizado para dar sustentação teórica as ideias e argumentações envolvidas na pesquisa. Consideramos importante fazer referência aos estudos já realizados, uma vez que a pesquisa se concentrou em temas como: O uso de experimentos de baixo custo no ensino de Física; energia solar; o fogão solar; Transferência ou Propagação do Calor e os Momentos Pedagógicos de Delizoicov.

3.1. EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO

Ensinar ciências e em especial ensinar física, tem sido uma tarefa de extrema dificuldade nos dias atuais, pois o docente necessita de estratégias que possibilitem tornar a física mais atrativa aos olhos dos estudantes. Dessa forma, diferentes alternativas surgem, como simulações, livros, cartilhas, vídeos, etc. Também devemos lembrar que algumas já existentes a tempos como o ensino prático de laboratório e o ensino de experimentos com materiais de baixo custo permanecem em discussão e tem sua evidência neste trabalho. No ensino prático de física, as dificuldades vão desde um laboratório ideal para esta prática até a aquisição de materiais que permitam que esta prática aconteça, sem falar da quantidade de professores que veem no ensino prático algo extremamente importante e eficaz, mas que não o executam.

Partindo desta premissa, Bassoli (2014, p. 580) destaca que,

podemos constatar, entre professores e pesquisadores, uma unanimidade acerca da importância da realização de atividades práticas no processo de ensino-aprendizagem das ciências naturais. Esse aparente consenso deriva, sobretudo, de uma concepção empírica sobre a ciência e seus métodos, atribuindo a esta um caráter eminentemente prático. Entretanto, há, na prática docente, um abismo entre a importância atribuída às atividades práticas e a sua execução, o que tem sido relatado por diversos trabalhos (ANDRADE; MASSABNI, 2011; COQUIDÉ, 2008; MUNFORD; LIMA, 2007).

Pensando nisso, refletir um pouco sobre a necessidade de uso de aulas práticas em nossas salas de aula é de muita importância e requer atenção. Esta prática docente é importante no processo de ensino de Física e quando os professores deixam de executar tais atividades, podem estar desta forma, incorporando em sua ação docente práticas ditas tradicionais, onde a reflexão sobre a importância destas práticas perde espaço.

Quando estas atividades práticas estão presentes em um espaço escolar e no trabalho docente, fica notório a potencialidade desta alternativa. Segundo Andrade e Massabni (2011),

Percebe-se, então, que as atividades práticas devem estar situadas em um contexto de ensino e aprendizagem em que se desenvolvem tarefas de compreensão, interpretação e reflexão. Quando em um ensino menos diretivo, as atividades práticas podem envolver os alunos em todas as fases, até no planejamento experimental, tendo um caráter investigativo ao incentivar a elaboração e criação de hipóteses, de estratégias e de soluções para problemas. Esta forma de utilizar e compreender as atividades práticas questiona o uso da prática descontextualizada e reprodutiva, tornando-se momento de aprendizagem repleto de raciocínio e criação (ANDRADE e MASSABNI, 2011, P. 837).

O próprio PCN também retrata a importância desta ferramenta para o Ensino de Ciências. O que destaca Andrade e Massabni (2011),

No Brasil, as atividades práticas são consideradas uma forma de favorecer a consecução dos objetivos propostos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino de Ciências. Os PCN de Ciências Naturais indicam que são procedimentos fundamentais para o ensino da área aqueles que permitem a investigação, a comunicação e o debate de fatos e ideias, possibilitados pela observação, experimentação, comparação, estabelecimento de relações entre fatos ou fenômenos. Do mesmo modo, os PCN valorizam atitudes que, na ótica do presente estudo, podem ser trabalhadas nas atividades práticas, como: o incentivo à curiosidade, o respeito à diversidade de opiniões, a persistência na busca de informações e de provas obtidas por meio de investigação (BRASIL, 2000). A observação e a experimentação são indicadas pelos PCN como estratégias didáticas que auxiliam na obtenção de informação, as quais devem contemplar fontes variadas, como a leitura de textos informativos e projetos desenvolvidos preferencialmente em um contexto de problematização. (ANDRADE e MASSABNI, 2011, P. 837).

Outro ponto que interfere no ensino de ciências usando aulas práticas é o ambiente escolar, o mesmo carece de estrutura para que se possa construir um trabalho prático com qualidade e que permita ao docente uma prática pedagógica e um rendimento eficaz.

Quando o assunto é trabalhar com experimentos de baixo custo, a discussão em torno desse tema ganha relevância, pois começa a ser compreendida como uma alternativa para a falta de laboratórios sofisticados e caríssimos. Esse tipo de experimento, além de viabilizar a execução de atividade em um laboratório, mesmo que improvisado, ajuda na prática pedagógica do ensino de Física, visto que facilita a compreensão de determinados temas, que no caso do fogão solar do tipo caixa relaciona-se a propagação do calor.

Diante do contexto, de uma atividade experimental de baixo custo, compreendemos que ao produzir o experimento, três passos fundamentais para o aprendizado foram ali executados: demonstração, verificação e investigação. Até porque, quando tratado a partir da construção e uso do mesmo, é possível demonstrar seu funcionamento, verificar os conceitos

ali presentes e investigar detalhes dos processos pelos quais se justificaria determinados fenômenos; dando margem para o professor e o estudante consolidarem o processo de ensino e aprendizagem, ocorridos, literalmente, pela prática da experimentação. Além de deixar claro o quanto foi importante para todo o processo de experimentação a interação entre o professor e o estudante, assim como desse com as teorias estudadas – antes, durante e depois – da produção do fogão solar tipo caixa.

Outro fator que destacamos nesse nosso estudo, está relacionado a importância da apresentação dos materiais ao estudante, pois desmistificou a ideia de que um experimento necessita de um gasto exorbitante com a aquisição desse material. Contudo, ao apresentarmos o papelão, o vidro, pedaços de espelhos, papel alumínio, pedaços de alumínio, cd's velhos, cola, lixa, tinta, tesoura, dentre outros, os estudantes compreenderam que esses materiais do seu cotidiano se tornaram matéria prima para a futura experiência e melhor entendimento do tema: propagação do calor.

Como ressalta Santos, Piassi e Ferreira, (2004), quando nos diz:

interessante frisar que a utilização de materiais de baixo custo, para nós, é uma opção didática, em concordância com o que dizia Ribeiro (1955) há cinquenta anos e que, lamentavelmente até hoje ainda parece ser uma idéia revolucionária: "... aparelhos e montagens improvisadas, executadas com os recursos mais modestos laboratórios, deve ser considerada não como uma solução de emergência, mas ao contrário, como uma nova técnica desejável para desenvolver as capacidades construtivas e inventivas do estudante".(SANTOS, PIASSI, FERREIRA, 2004, p. 07).

Algo que, nesse caso do fogão solar do tipo caixa, um experimento de baixo custo, demonstrou para aqueles jovens aprendizes. Visto que:

A experimentação, sobretudo quando realizada com materiais simples que o estudante tem condições de manipular e controlar, facilita o aprendizado dos conceitos, desperta o interesse e suscita uma atitude indagadora por parte do estudante (SANTOS, PIASSI, FERREIRA, 2004, p. 01).

Além de contribuir para a reutilização de materiais, que poderiam ser descartados inadequadamente no meio ambiente. Essa atitude fomentou uma discussão ampla sobre o reuso de caixas de papelão, vidro, placas de alumínio ou zinco e pedaços de espelho; associando o ensino de Física ao componente de Gestão Ambiental do Curso Técnico em Meio Ambiente – IFPB/Sousa. Resultando em um ensino integrado e interdisciplinar que pode proporcionar ao estudante uma vivência curricular muito mais proveitosa e interessante.

Dessa forma, usar material de baixo custo possibilita a aproximação do estudante ao contexto da Ciência por outro caminho, o caminho da Ciência Alternativa, isto é, a Ciência que por meios alternativos possibilita, dada as devidas exceções, a demonstração, verificação e investigação de fenômenos físicos, que antes só poderiam ser vistos por meio de laboratórios de altíssima tecnologia e superequipados. Em concordância com tudo isso proposto, Santos, Piassi e Ferreira (2004) acrescenta:

A proposta de se lidar com materiais simples, portanto, não advém apenas do fator custo, mas da necessidade de que o aluno possa dominar todo o processo de conhecimento, através da construção, por seus próprios meios, dos aparatos que servirão de objeto de estudo. A familiaridade com os materiais utilizados aproxima o aluno do conhecimento científico, porque mostra que a ciência física se aplica ao mundo real, que está a sua volta. Mais do que isso, permite a ele testar hipóteses de forma criativa, a partir das propriedades conhecidas ou supostas dos materiais e dos testes realizados com eles (SANTOS, PIASSI, FERREIRA, 2004, p. 08).

Assim, nossa proposta didática tem como perspectiva proporcionar um ensino bem mais atrativo ao estudante e com a possibilidade de agregação de conhecimento, habilidades e acima de tudo interação entre todos os estudantes e o docente.

3.2. ENERGIA SOLAR

Quando o assunto a ser tratado recebe o nome de energia solar, devemos nos preocupar sobre a importância de seu principal componente “O Sol”. O Sol é a grande fonte de energia da Terra. É dele que a Terra recebe luz e calor. A radiação solar atravessa o espaço, chega à Terra e fornece luz e calor o suficiente para a manutenção da vida no planeta.

Não se pode pensar em vida no planeta sem o calor fornecido pelo Sol. O Sol é uma fonte de energia renovável e o aproveitamento desta energia como fonte de calor, é uma das alternativas energéticas mais promissoras no novo milênio como mostra em Sarmento (2015).

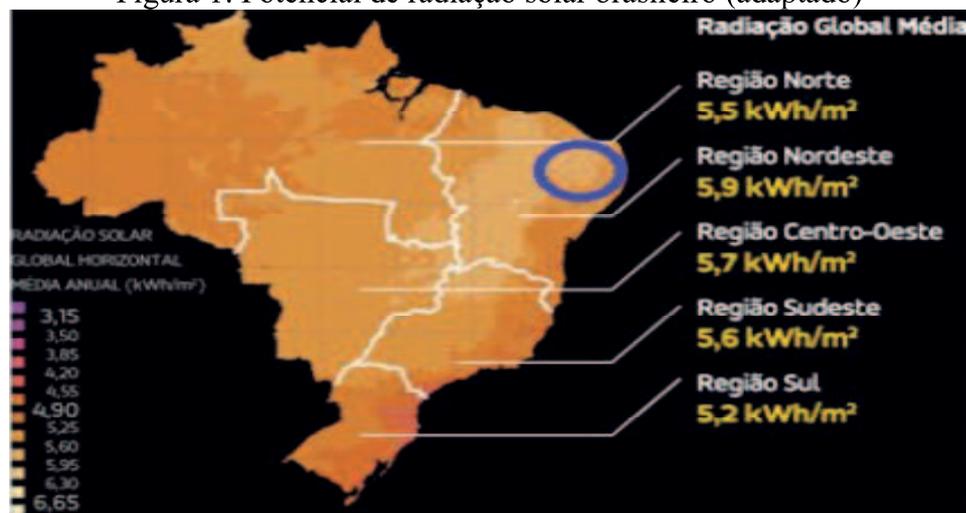
Segundo Luiz (2013), a energia solar é a fonte de energia mais antiga disponível na Terra. Trata-se de uma fonte não poluente e inesgotável. Estima-se em alguns bilhões de anos o tempo necessário para o esgotamento da energia solar. A energia solar possui várias vantagens em relação as outras fontes de energia. Podemos citar:

- A energia solar não produz poluição térmica nem poluição química;
- A energia solar é disponível em grande escala, considerando-se uma extensão territorial suficientemente grande;
- A energia solar é uma fonte de energia renovável inesgotável;

- Em diversas aplicações da energia solar, os dispositivos auxiliares não possuem móveis, o que significa uma considerável simplificação técnica;
- Normalmente a tecnologia envolvida para o aproveitamento da energia Solar é simples e está ao alcance de todos os países;
- Os raios solares atingem todas as partes da superfície e da atmosfera terrestre, sendo que o uso da energia solar é particularmente importante em regiões de difícil acesso;
- Como a energia solar atinge todos os países, o uso da energia solar é gratuito e não pode ser monopolizado por nenhum país imperialista;
- Visto que no espaço sideral não existe absorção pela atmosfera terrestre, o uso da energia solar é imprescindível nas pesquisas do universo e nas viagens espaciais.

Diante de tais potencialidades da energia solar, podemos ressaltar um fato interessante e importante que é o potencial de insolação, isto é, o potencial de radiação solar incidente sobre a Terra. Sabendo que o Brasil está em uma posição geográfica favorecida pela inclinação do eixo de rotação da Terra, é possível observar a vantagem na disponibilidade de raios solares na Figura 1.

Figura 1: Potencial de radiação solar brasileiro (adaptado)



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia solar (2001) disponível em: https://twitter.com/eossolar_brasil

Da Figura 1, podemos notar a potencialidade da energia solar para regiões semiáridas do Nordeste brasileiro. Nesse trabalho, nossa proposta didática foi realizada no sertão paraibano, em especial na região de Sousa – PB (região compreendida pelo círculo azul), e

para ser mais preciso no distrito de São Gonçalo. Nesta região o potencial energético pela insolação solar é extremamente alto, chegando a 5,5 kWh/m² de média anual.

A quantidade de radiação solar que incide sobre a terra varia de acordo com sua localização geográfica, assim como o tempo em horas que o Sol está disponível diariamente. Isso ocorre por conta da inclinação do eixo de rotação da Terra (movimento de rotação do eixo imaginário), e sua trajetória elíptica realizada ao redor do Sol.

Como o Brasil está localizado em uma região do globo terrestre em que o percentual de aproveitamento de energia solar é elevado, é importante ressaltar que a região Nordeste e, em especial, o estado da Paraíba, e de maneira mais particular, o distrito de São Gonçalo está localizado em uma região de alta incidência de energia solar. E foi nessa região que nosso trabalho foi realizado. A cidade situa-se dentro do bioma conhecido como Caatinga e tem o clima classificado como semiárido.

3.3. O FOGÃO SOLAR

O fogão solar é um dispositivo criado para fazer o cozimento de alguns alimentos por meio do uso da energia solar. Porém, seu uso não possibilita o contato com o alimento, sendo assim, podemos chamá-lo de “Forno Solar”. O mesmo segundo Ramos Filho (2011, p. 30), apareceu pela primeira vez por volta de 1767, quando um cientista franco-suíço construiu um modelo de fogão, que se baseava no Efeito Estufa como princípio de funcionamento, onde o fogão foi capaz de desidratar uma fruta.

A partir daí, tem início a evolução deste processo de cozimento, mas levou cem anos para que o matemático Francês Augustin Mouchot fizesse o uso deste equipamento para a sua real aplicação prática. Porém, o mesmo teve seu trabalho interrompido com o advento do carvão. Só em 1950 foi que a pesquisa com este tipo de equipamento veio a evoluir. Um destaque na pesquisa sobre o fogão solar nesta época é a americana Maria Telkes, que construiu um modelo de fogão na forma de caixa inclinada e que usava um vidro duplo. Em 1973, foi realizado o primeiro seminário do mundo sobre cozinha solar, uma vez que o crescimento populacional aliado às intervenções nas florestas devido ao alto número de problemas devido a coleta de lenha vinha aumentando e preocupando países como China e Índia, que nos anos 80 passara a distribuir fogões solares para a população.

A partir daí o fogão solar passou para um contexto mais amplo e segundo Carvalho Neto (2007, p. 37), outros países começaram a entrar nessa proposta de utilização deste tipo

de energia tão abundante e que se faz necessária, uma vez que, o consumo de carvão começa a preocupar o mundo inteiro. Destaca-se na introdução e uso do Fogão solar, as pesquisadoras Barbara Kerr e Sherry Cole, que criaram, estruturaram e dimensionaram um modelo de fogão feito de papelão. Este marco fez nascer a “Solar Cooking Internacional” – (SCI) em 1987, cujo objetivo era de promover Educação ambiental a partir da disseminação do uso do fogão solar.

O fogão solar também assume além de um contexto científico, oferece a sociedade uma forma eficiente e barata de fazer o cozimento dos alimentos com a presença de uma energia limpa. O fogão propõe uma conscientização importante sobre o uso de lenha e de carvão nas casas das zonas rurais de regiões semiáridas do planeta, e em especial, o semiárido brasileiro. De acordo com Carvalho Neto (2007, p. 38):

O fogão solar atualmente cobre vários parâmetros de qualidade, o que necessariamente está ligado ao custo. Contudo, entre tantas possibilidades, o fogão pode ser caracterizado como uma tecnologia social, que segundo a definição do Instituto de Tecnologia Social (2007) é entendido como um conjunto de técnicas e metodologias transformadoras desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para a inclusão social e a melhoria das condições de vida”. Neste aspecto, o fogão solar surge proporcionando as condições favoráveis a melhoria social, bem como abrem margem para adaptações diversas, o que não restringe a técnica. São qualidades que dão a este tipo de tecnologia um alto poder de difusão e disseminação.

Com isso é possível perceber que além de didático por propor uma discussão interessante no âmbito escolar no que diz respeito ao ensino de Física, o mesmo oferece um contexto social importante ao propor o fim do uso do carvão e da lenha nas cozinhas das casas das zonas rurais.

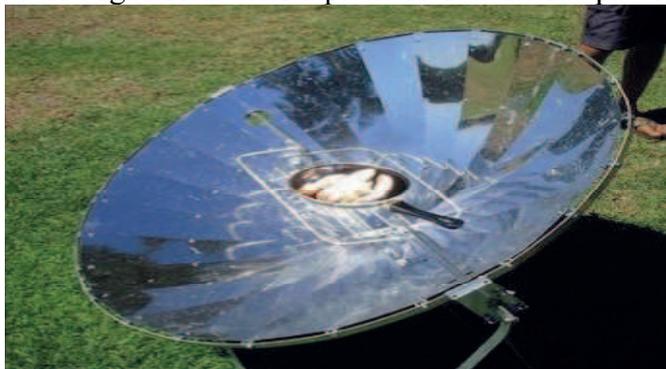
O fogão solar ou forno solar possui 3 tipos: o concentrador, o painel e o caixa. Vamos nos deter neste trabalho com fogão solar do tipo caixa, no entanto, foi realizada uma breve explanação sobre todos eles.

3.3.1. O Fogão Concentrador

A forma desse fogão é tal que a convergência dos raios solares ocorre por concentração em um único ponto, o foco, devido o fato de sua superfície refletora ter o formato de um espelho côncavo, assim os raios refletidos pela superfície refletora côncava dirigem os raios para o foco, onde neste ponto existe um recipiente que é aquecido pela concentração dos raios solares conseguindo assim, fazer o cozimento dos alimentos.

É o fogão com maior custo financeiro segundo Carvalho Neto (2007), para a sua construção devido a superfície refletora côncava ser de difícil confecção, quando se usa material industrializado, porém, na Figura 2, podemos mostrar um feito com material de baixo custo, usando apenas, uma antena parabólica e retalhos de espelhos e pedaços de metal.

Figura 2: Fogão solar feito a partir de uma antena parabólica

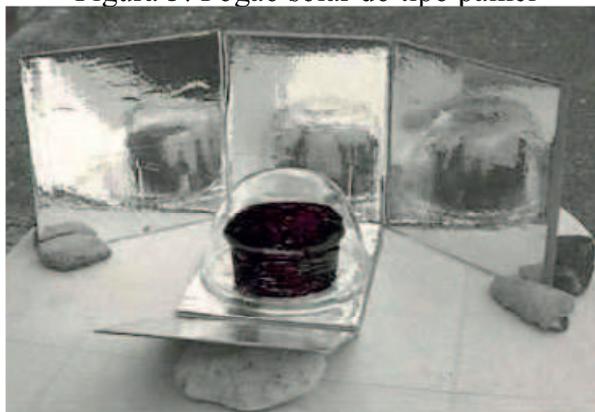


Fonte: <http://www.fogaosolar.net/solar-cooker2red60.JPG>

3.3.2. O Fogão Tipo Painel

Neste tipo de fogão, ocorre reflexão da luz de maneira direta para o recipiente que contém o alimento, com o Efeito Estufa provocado, uma vez que se procura isolar o recipiente com material transparente, isto é, o recipiente tem que ser de cor negra para absorver melhor a absorção de radiação solar que será transformada em calor. É o fogão de menor custo financeiro para a sua construção. Na Figura 3, a imagem mostra um fogão do tipo painel que se assemelha muito ao concentrador, porém, o concentrador pode ser feito dentro de uma superfície esférica côncava.

Figura 3: Fogão solar do tipo painel



Fonte: <http://solarcooking.org/images/spc.ht7.jpg>

3.3.3. O Fogão solar do Tipo Caixa

Dentre os discutidos anteriormente, este possui a melhor relação custo/benefício, e abrange muitos fatores que nos outros modelos não são vistos ou usados pelos mesmos. Esse é um modelo onde é possível aquecer mais de um recipiente e sua interação com a luz solar é facilitada, o que proporciona aceitação maior por parte dos usuários.

O fogão tipo caixa é composto por duas caixas sobrepostas, de preferência retangulares, devidamente isoladas entre si e com o ambiente externo, e fechadas por meio de uma cobertura transparente a radiação solar incidente que pode ser de vidro, de policarbonato ou de outros materiais transparentes. A caixa interna é revestida com material reflexivo, e no seu fundo é colocado uma placa metálica como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4: Fogão solar do tipo caixa



Fonte: Autor.

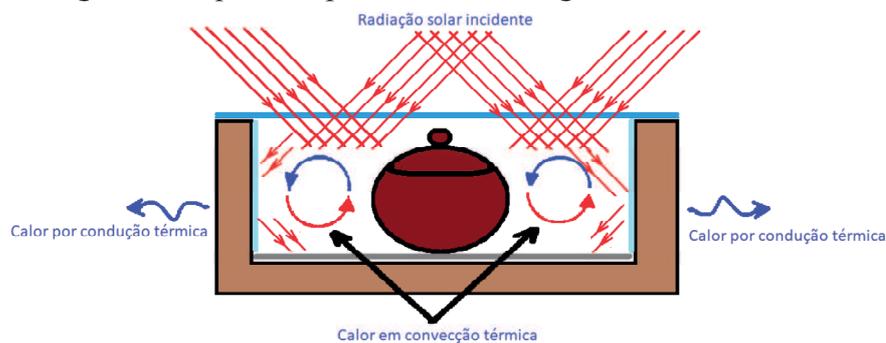
Na montagem do fogão tipo caixa, utilizamos apenas duas caixas de papelão. Nesse modelo as caixas de papelão são colocadas uma interna a outra, e entre elas devemos posicionar um tipo de isolamento. O isolamento escolhido é feito de papelão revestindo a caixa menor até que a mesma fique justaposta a maior. O uso dessa parede de isolamento com papelão permite isolamento térmico no qual o calor concentrado no interior da caixa menor não passará para a caixa maior e por sua vez, para o meio externo por meio da condução térmica.

Outra coisa importante e constitui a segunda parte da montagem, é a colocação de algum material refletor nas paredes internas da caixa menor e que possibilite a reflexão dos raios solares que se dirigem na direção da caixa. Neste caso como a prioridade também é o custo, foi utilizado pedaços de espelhos adquiridos dos restos presentes em vidraçarias, cd's velhos ou papel alumínio.

No fundo da caixa foi usada uma placa metálica que pode ser de alumínio ou zinco, pintada na cor preto fosco, para favorecer a absorção de radiação no interior da caixa e, assim, pelo fato de ser preta, auxilia na transmissão de calor por meio da emissão de ondas de calor (radiação na faixa de frequência do infravermelho) sobre o recipiente.

Por fim, foi utilizada uma placa de vidro para fazer o fechamento da caixa e ao mesmo tempo auxiliar na retenção das ondas de calor (radiação infravermelha) que se concentra no interior da caixa. Este vidro terá 3 mm de espessura, espessura esta que favorece o fluxo de calor por meio dela e a mesma servirá de parede para a retenção das ondas de calor e das massas de ar quente que fluirão pelo interior da caixa, por meio da convecção térmica interna da caixa. A Figura 5 ilustra um pouco como o recipiente foi aquecido no interior do fogão solar.

Figura 5: Esquema representativo do fogão solar funcionando



Fonte: Autor.

É possível observar na Figura 5 a chegada da radiação incidente (raios solares = setas em linha reta), e o calor se propagando pelas paredes do fogão por meio das setas onduladas, assim como a convecção existente no interior do fogão. Da Figura 5, podemos observar desde a incidência solar como já foi dito, como também a reflexão realizada por meio das paredes internas que são feitas de material refletor e o isolamento também realizado pelas paredes da caixa. A placa inferior também tem seu papel de absorção da radiação incidente e emissão de radiação na faixa do infravermelho durante o seu aquecimento no processo. Outra importante verificação é que este forno diferente dos outros, não possui o refletor externo, equipamento que está presente em outros fornos solares deste tipo.

O fogão do tipo caixa depois de montado, nos permite interpretarmos como a radiação solar incidente interfere em seu funcionamento. Dessa radiação solar incidente parte é absorvida, parte é refletida e outra parte é transmitida para o interior do fogão. A parte da

radiação que penetra no interior do fogão é absorvida pela superfície interna do fogão que ao absorver esta energia, se aquece e passa a emitir radiação na faixa do infravermelho, e que é comumente chamada de ondas de calor. Essa radiação infravermelha não consegue ultrapassar o vidro e dessa forma aquece todo o interior do fogão criando um Efeito Estufa que permite o maior aquecimento interno do fogão e seu pleno funcionamento no cozimento de alimentos ou até mesmo na fervura de água.

Assim, olhando pelo lado educacional do fogão, podemos ressaltar a quantidade de informações que se pode trabalhar no que diz respeito à transferência de Calor durante o processo de cozimento dos alimentos ou aquecimento de água e durante o processo de montagem que será discutido mais adiante.

3.4. TRANSFERÊNCIA OU PROPAGAÇÃO DE CALOR

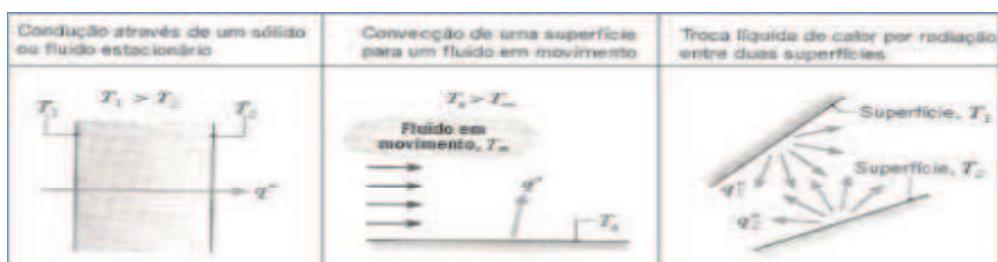
A Transferência de Calor segundo Incropera (2008), é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço. Sempre que existir uma diferença de temperatura em um meio ou entre meios, haverá, necessariamente transferência de calor. Já o calor pode se propagar de três maneiras: condução, convecção e radiação térmica.

É necessário o entendimento dos mecanismos físicos que permitem a transferência de calor de modo a poder quantificar a quantidade de energia transferida na unidade de tempo (taxa), conforme se apresenta na Figura 6.

Os mecanismos são:

- Condução térmica – dependem somente de um ΔT e não ocorre transporte de matéria;
- Convecção térmica – depende de um ΔT e transporte de massa;
- Radiação térmica – dependem somente de um ΔT e não ocorre transporte de matéria e independe de um meio material para acontecer.

Figura 6: Tipos de transferência de calor

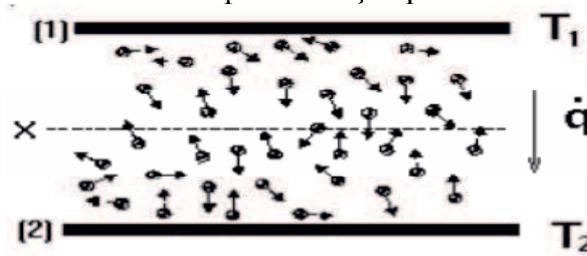


Fonte: Incropera (2008, p. 2)

3.4.1. O Processo de Condução

A condução térmica pode ser tratada como a transferência de energia das partículas ditas mais energéticas para as menos energéticas de uma substância por meio das interações entre as partículas. O mecanismo pelo qual a condução térmica acontece pode ser entendido de maneira mais fácil, por meio de um gás submetido a uma diferença de temperatura. A Figura 7, apresenta o comportamento de um gás entre duas placas com diferentes temperaturas:

Figura 7: Transferência de calor por condução por meio da atividade molecular



Fonte: Incropera (2008, p.03).

considerando que $T_1 > T_2$ e que o gás ocupa o espaço entre as duas superfícies (1) e (2), que estão com temperaturas diferentes (o movimento do gás é microscópico). Devido as moléculas aumentarem sua energia com o aumento da temperatura, as moléculas com alta energia, isto é, mais energéticas estão mais próximas da superfície (movimentam-se mais rápido);

O ponto X na Figura 7 representa um plano hipotético que é constantemente atravessado por moléculas de cima para baixo. No entanto, as moléculas de cima são mais energéticas que as de baixo. Dessa forma, existe uma transferência líquida de energia de (1) para (2) por condução.

Para líquidos o processo será basicamente o mesmo, embora as moléculas que compõem o meio líquido estejam mais próximas e as interações sejam mais fortes e mais frequentes. Considerando agora o meio sólido, existem basicamente dois processos (ambos bastantes complexos):

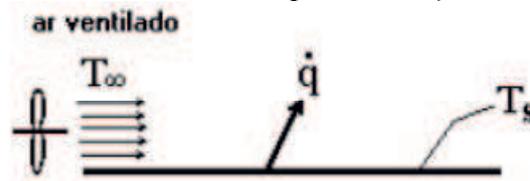
- 1) sólido mau condutor térmico: ondas de vibração da estrutura cristalina
- 2) sólido bom condutor térmico: movimento dos elétrons livres e vibração da estrutura cristalina.

3.4.2. O Processo de Convecção

Propagação que ocorre preferencialmente em meio fluido, neste processo a energia é transferida das partes quentes para as partes frias de um fluido por meio da ação combinada entre: condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura.

O mecanismo como a convecção acontece pode ser entendido de maneira fácil, considerando, por exemplo, um circuito impresso (chip) sendo refrigerado (ar ventilado), como mostra a Figura 8.

Figura 8: Transferência de calor por convecção em uma camada

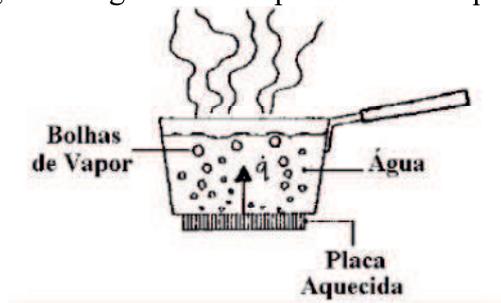


Fonte: Incropera (2008, p 04).

Devido ao atrito existente das camadas de ar próximas a superfície por conta das forças viscosas, a velocidade dessa camada de ar é muito baixa. Nessa região ocorrerá um armazenamento de energia pelas partículas presentes, e neste caso o calor é transferido por condução. A medida que estas partículas passam para regiões de maior velocidade, elas são levadas pelo fluxo de calor, por onde o calor será transferido para as partículas mais frias. Pode-se dizer que a convecção ocorreu de maneira forçada, pois existiu um agente externo movimentando a mistura, o ventilador.

Supondo agora a ausência do ventilador, ocorrerá ainda sobre as partículas mais próximas da superfície propagação do calor por condução e armazenamento de energia. Dessa forma, elas aumentarão sua temperatura e por conseguinte, sua densidade diminuirá. Assim, como ficarão mais leves, elas sobem trocando calor com as partículas mais frias que, por sua vez, estarão mais pesadas e tendem a descer. Esse processo pode ser percebido na parede inferior do fogão solar, assim, a convecção pode ser dita natural. Um exemplo prático e bem conhecido de convecção natural, é o aquecimento de água em uma panela doméstica como mostrado na Figura 9. É possível pela ilustração, verificar o movimento das partículas, e ainda ver este processo durante a experimentação do fogão solar na proposta didática.

Figura 9: Água em uma panela sendo aquecida



Fonte: Incropera (2008, p. 5).

3.4.3. O Processo de Radiação

É definida como o processo pelo qual o calor é transferido de uma superfície em alta temperatura para uma superfície em temperatura mais baixa, quando estas superfícies não estão em contato, e mesmo que exista vácuo entre estas. Assim, a energia será transferida por meio de ondas eletromagnéticas. O exemplo mais prático disso, é o calor propagado pelo Sol, e mesmo existindo vácuo entre o Sol e a Terra, essa energia é transferida da superfície do Sol (temperatura chega a 5500°C) até a superfície da Terra por meio de ondas eletromagnéticas.

As emissões de ondas eletromagnéticas podem acontecer a devidos fatores, porém, para a transferência de calor interessa apenas as ondas eletromagnéticas que resultam de uma diferença de temperatura (radiação térmica). As características deste processo de propagação do calor são:

- Todos os corpos com temperatura acima do zero absoluto emitem radiação térmica na faixa do infravermelho
- As intensidades das emissões dependem somente da temperatura e da natureza da superfície que emite a radiação.
- A radiação térmica, isto é, as ondas eletromagnéticas se propagam com a velocidade da luz ($c = 3.10^8$ m/s).

Esta intensidade de energia emitida por meio da radiação obedece uma dada frequência de emissão que pode ser vista por meio do quadro informativo do espectro de uma onda eletromagnética (Figura 10). As ondas eletromagnéticas chamadas de ondas de calor, estão ligadas a faixa de frequência do infravermelho.

Figura 10: Espectro eletromagnético



Fonte: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v. 2, n. 1, p. 95-99, 2012

Esse processo de transferência de calor será percebido a partir da presença de radiação solar que será incidida sobre o fogão solar que por meio da radiação solar fará com que todo o processo de funcionamento do fogão solar aconteça. É pela exposição direta a radiação solar que o fogão aquecerá e poderá aquecer qualquer tipo de alimento e/ou reservatório com água presente no interior do fogão de modo a fazer com que seu funcionamento possa dar condições aos estudantes de entender os processos de transferência de calor e o docente de poder explorar o conhecimento prévio dos estudantes na construção do conhecimento presente neste experimento.

Considere os processos de propagação do calor por radiação sobre a superfície de uma placa no fundo do fogão solar, cuja placa é de metal e pintada em preto fosco. A radiação que é emitida pela superfície tem sua origem na energia térmica da matéria delimitada pela superfície e a taxa na qual a energia é liberada por unidade de área (W/m^2) e é conhecida por poder emissivo, E , da superfície, no caso a placa de metal do interior do fogão solar. Existe um limite superior para o poder emissivo, que é denominado de Lei de Stefan-Boltzmann

$$E_n = \sigma T_s^4 \quad (01)$$

onde T_s é a temperatura absoluta da superfície em Kelvin e σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$). A superfície recebe o nome de radiador ideal ou corpo negro. O fluxo de calor que é emitido por uma superfície real é menor do que a emitida por um corpo negro à mesma temperatura e é dado pela equação:

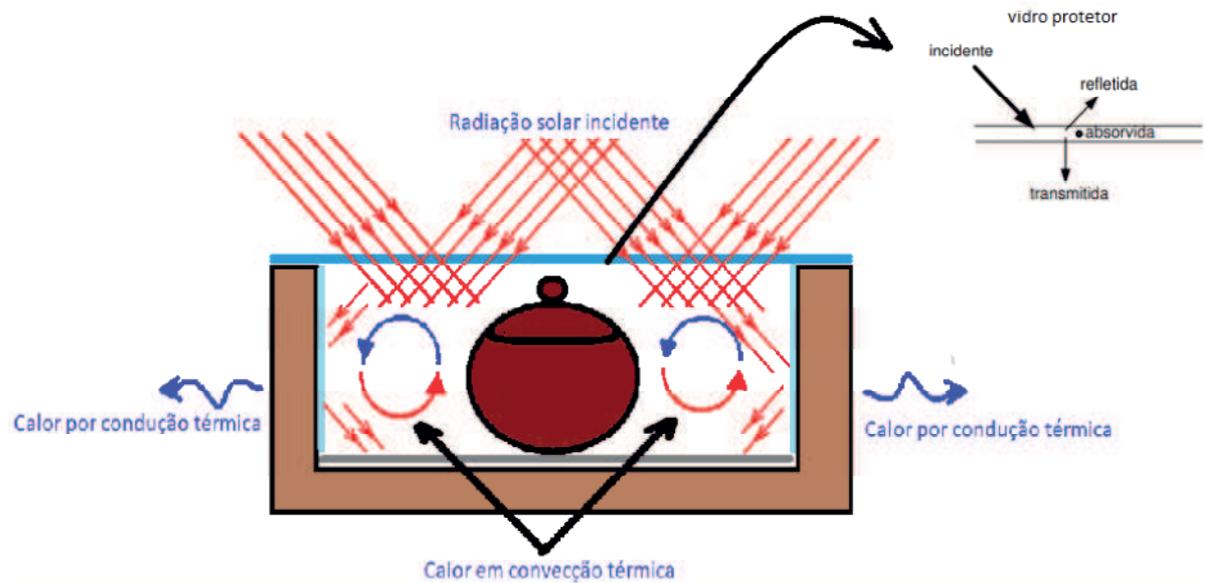
$$E = \varepsilon \sigma T_s^4 \quad (02)$$

sendo ε uma propriedade radiante da superfície conhecida por emissividade. Com valores entre 0 e 1, essa propriedade nos fornece uma medida da eficiência na qual uma superfície emite energia em relação ao corpo negro.

3.4.4. Propriedades da Radiação térmica

Na Figura 11, é possível ver o comportamento da radiação incidente proveniente do Sol e como ela interage com o vidro de proteção do fogão solar. O vidro tem uma função muito importante para o processo de aquecimento interno do fogão solar e que trataremos a seguir.

Figura 11: Representação da radiação térmica sobre o vidro protetor do fogão



Fonte: Autor

Quando a radiação incide sobre a superfície de um material semitransparente como o vidro usado no fogão solar, parte da radiação térmica será refletida, parte será absorvida e outra parte será transmitida.

Dessa forma, definem-se as seguintes propriedades da superfície:

ρ – *refletividade* ou fração de energia radiante que é refletida na superfície;

α – *absortividade* ou fração de energia radiante que é absorvida pela superfície;

τ – *transmissividade* ou fração de energia radiante que é transmitida através da superfície;

De forma que a somatória das três parcelas deve ser unitária, isto é:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (03)$$

Segundo o INCROPERA (2008, p. 476), quando falamos em irradiação, temos que levar em consideração o fato que ela interage com meios semitransparentes como placas de vidro, conforme Figura 11. Para uma componente da radiação, porções dessa radiação podem ser *refletidas*, *absorvidas* e *transmitidas*. A partir de um balanço de radiação no meio, tem-se que a irradiação será descrita por:

$$G = G_{ref} + G_{abs} + G_{trans} \quad (04)$$

Quando tratamos do fogão solar, ressaltamos que a placa de vidro que foi utilizada permite a existência das três porções de radiação. Assim, podemos descrever a absortividade, refletividade e transmissividade da seguinte forma:

- Absortividade (α):

$$\alpha \equiv \frac{G_{abs}}{G} \quad (05)$$

- Refletividade (ρ):

$$\rho \equiv \frac{G_{ref}}{G} \quad (06)$$

- Transmissividade (τ):

$$\tau \equiv \frac{G_{trans}}{G} \quad (07)$$

O vidro usado no fogão solar tem o papel de permitir que a radiação solar penetre internamente ao fogão e ao mesmo tempo permita um Efeito Estufa em seu interior.

3.4.5. Efeito Estufa

O Efeito Estufa resulta do aquecimento em espaços fechados ou abertos nos quais a luz solar passa através de um material transparente ou semitransparente tal como vidro ou plástico, por onde uma parte da luz visível facilmente passa através deste e outra parte é absorvida e refletida por estes materiais, porém, a radiação infravermelha (ondas de calor) não consegue atravessar estes materiais permitindo o Efeito Estufa. Já segundo Wikipédia,

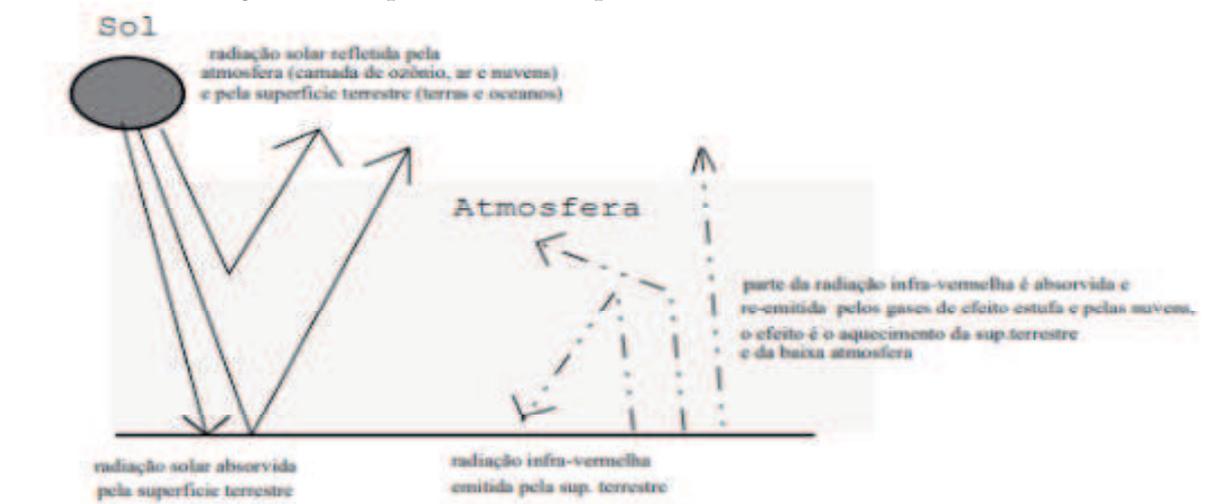
O Efeito Estufa ou efeito de estufa é um processo físico que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha (percebida como calor) é emitida pela superfície terrestre e absorvida por determinados gases presentes na atmosfera, os chamados gases do Efeito Estufa ou gases estufa.

O Efeito Estufa pode ser tratado como natural ou artificial, o natural ocorre de modo espontâneo em nosso planeta e pode ser tratado segundo Dos Santos (2000, p. 03) da seguinte forma:

A radiação solar, grande parte da qual aquela dentro da região visível do espectro eletromagnético, aquece o nosso planeta naturalmente. Em termos médios globais, a terra irradia aproximadamente a mesma quantidade de energia que provém do sol, pois há uma parcela de energia na Terra cuja origem não é solar, tais como as da fissão nuclear, a geotérmica e a associada à rotação da Terra. Porém, por ser um corpo muito mais frio do que o Sol, a Terra tende a irradiar no comprimento de onda no infravermelho, visto que quanto mais baixa a temperatura de um corpo, maior será a tendência a emitir calor na faixa de longo comprimento de onda. O Sol como apresenta temperatura na sua superfície da ordem de milhares de graus Celsius emite energia principalmente com comprimento de onda curto. Na atmosfera terrestre, as moléculas dos gases de Efeito Estufa interagem muito pouco com a radiação eletromagnética solar de curto comprimento de onda. Porém, essas moléculas absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, se excitam e reemitem a quantidade de energia na forma térmica para a atmosfera. A superfície da Terra irradia para a atmosfera uma média de 390 W/m^2 de energia na forma de radiação infravermelha. Desses 390 W/m^2 , 240 W/m^2 passam pela atmosfera e conseguem chegar ao espaço, enquanto que 150 W/m^2 são absorvidos e reemitidos de volta pelos gases naturais de Efeito Estufa. Em termos gerais, o Efeito Estufa natural pode ser definido como estes 150 W/m^2 de radiação infravermelha que as moléculas dos gases de Efeito Estufa aprisionam e reemitem para a Terra. Este fenômeno mantém naturalmente a superfície da terra aquecida em torno de 33° C em termos médios (IPCC,1995).

O Efeito Estufa natural pode ser observado de modo simplificado pela Figura 12.

Figura 12: Representação simplificada do Efeito Estufa natural



Fonte: UNEP 1997.

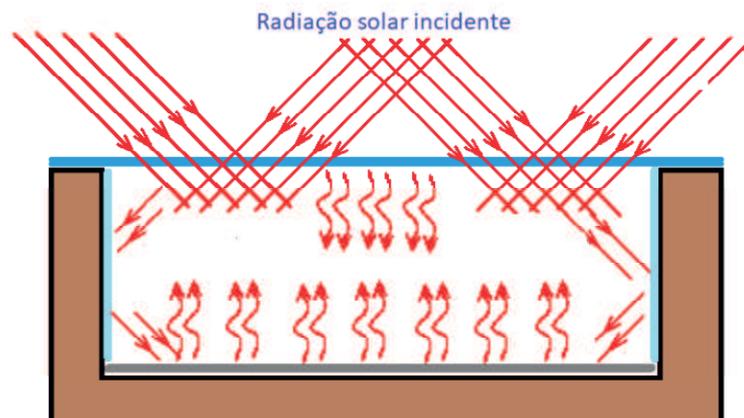
É importante ressaltar que o Efeito Estufa pode ser criado pelo homem e dessa forma manipulado afim de proporcionar o aquecimento de ambientes como nas estufas de flores e em especial nesse trabalho no fogão solar do tipo caixa. A este tipo de processo realizado pelo homem chamamos de estufa artificial. Segundo Dos Santos (2000),

Na estufa artificial, há um desequilíbrio térmico proposital, criado pelo homem para estabelecer condições microclimáticas, a partir da construção de anteparos que bloqueiam a saída da radiação térmica para a atmosfera. Há adicionalmente um papel da convecção do ar. Geralmente, esse anteparo é feito de vidro ou plástico transparente, que permite a passagem da radiação infravermelha e retém o calor no ambiente condicionado (DOS SANTOS, p. 2).

No caso do fogão solar do tipo caixa, podemos especificar seu funcionamento de forma semelhante ao de uma estufa de flores. Assim, o processo se dá da seguinte forma: o fogão tem suas paredes laterais opacas para qualquer tipo de radiação, mas seu teto ou tampa de vidro transparente à energia radiante do Sol, permite a passagem de radiação para dentro do fogão, conforme Figura 13.

A superfície inferior do fogão, que nada mais é do que uma placa de alumínio ou zinco, no nosso caso alumínio, é pintado de preto. A energia radiante que penetra através do vidro é absorvida pela superfície metálica preta no interior do fogão. Em seguida, é emitida pela superfície aquecida radiação infravermelha de baixa frequência (ondas de calor) e que é incapaz de atravessar o vidro que tampa o fogão, as linhas curvas representam a radiação térmica na faixa do infravermelho. Com isso, o interior do fogão se aquece mais do que o exterior permitindo que, qualquer tipo de objeto ou material seja, aquecido pelo fogão temos neste momento um Efeito Estufa sendo gerado no interior do fogão, conforme Figura 13.

Figura 13: Representação do Efeito Estufa dentro do fogão solar



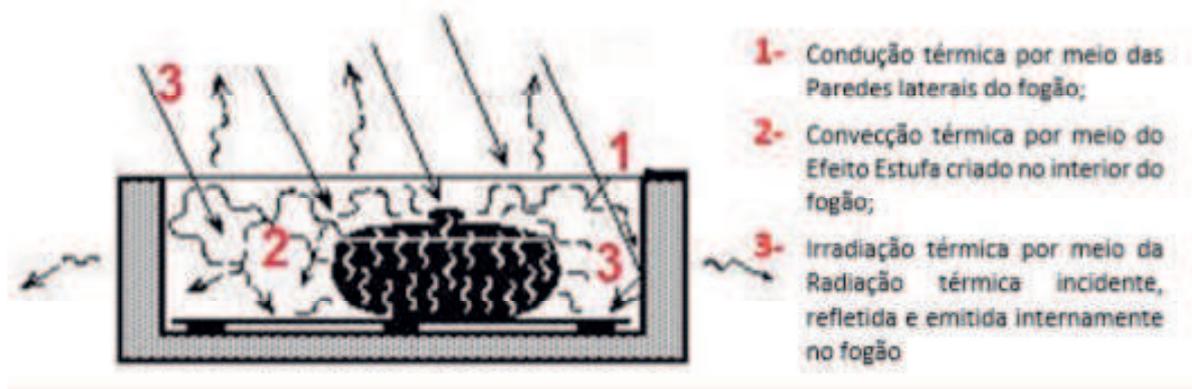
Fonte: Autor.

3.4.6. Mecanismos Combinados

Em grande parte das situações práticas ocorrem ao mesmo tempo dois ou mais processos de propagação de calor. Em alguns problemas de engenharia, por exemplo, quando um dos processos domina quantitativamente, soluções aproximadas podem de certa forma ser obtidas desprezando todos os outros processos, exceto o mecanismo dominante. Porém, deverá ficar entendido que determinadas variações nas condições dos problemas podem fazer com que um mecanismo desprezado se torne importante.

Como exemplo de um sistema pelo qual ocorrem ao mesmo tempo vários processos de propagação de calor, o experimento utilizado em nossa pesquisa. O fogão solar pode ser tratado como um equipamento em que mais de um processo de propagação de calor ocorre ao mesmo tempo. Podemos verificar a atuação conjunta dos processos conforme Figura 14. Está é a Figura de um forno solar em funcionamento, e é a partir desta imagem, que vamos traçar nossa discussão sobre a propagação do calor. De acordo com o processo de aquecimento de um recipiente com água podemos detectar os processos de propagação do calor presentes no forno como na Figura 14.

Figura 14: Representação do fogão solar e dos processos de transferência de calor



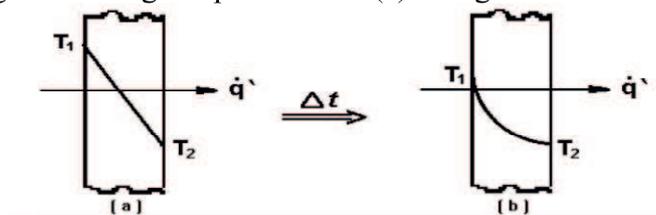
Fonte: Carvalho Neto, 2007 (adaptada).

No forno solar do tipo caixa que estamos apresentando, nos deteremos a discutir os processos de propagação do calor envolvidos.

3.4.7. Regimes de Transferência de Calor

De acordo com Incropera (2008), o conceito de regime de transferência de calor pode ser melhor entendido através de exemplos. A transferência de calor que ocorre sobre uma parede de uma estufa qualquer. Consideremos duas situações: operação normal e desligamento ou religamento. Durante a operação normal, enquanto a estufa estiver ligada a temperatura na superfície interna da parede não varia. Se a temperatura ambiente externa não varia significativamente, a temperatura da superfície externa também será constante, o que acontece também no fogão solar. Sob estas condições a quantidade de calor transferida para fora é constante e o perfil de temperatura ao longo da parede, na Figura 15 (a), não varia. Este é um regime permanente.

Figura 15: Regime permanente (a) e Regime transiente (b)



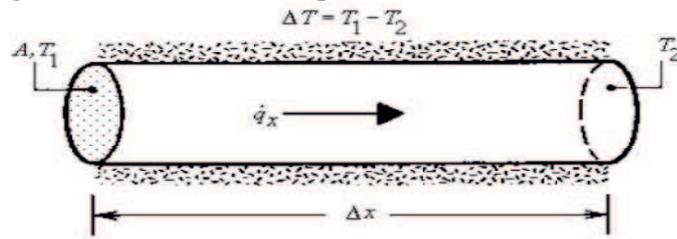
Fonte: Incropera (2008, adaptado).

Já na Figura 15 (b), consideremos, por exemplo, o desligamento. Quando a estufa é desligada a temperatura da superfície vai diminuindo gradativamente, de modo que o perfil de temperatura varia com o tempo, como na Figura 15 (b) (curva). Dessa forma, a quantidade de calor transferida para fora é cada vez menor. Devido a essa variação na temperatura, este regime é dito regime transiente. Devido à complexidade dos regimes transientes, trataremos o caso proposto como regime permanente.

3.4.8. Lei de Fourier

A Lei de Fourier é fenomenológica, ou seja, foi desenvolvida a partir da observação dos fenômenos da natureza em experimentos. Imaginemos um experimento por onde o fluxo de calor resultante é medido após a variação das condições experimentais. Por exemplo, a transferência de calor através de uma barra de ferro com uma das extremidades aquecidas e com a área lateral isolada termicamente (Figura 16).

Figura 16: Fluxo de calor por meio de uma barra de ferro



Fonte: Incropera (2008, adaptado).

Com base em experiências, variando a área da seção da barra, a diferença de temperatura e a distância entre as extremidades, chega-se a seguinte relação de proporcionalidade:

$$q \propto A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (08)$$

A proporcionalidade pode ser convertida para igualdade através de um coeficiente de proporcionalidade e a Lei de Fourier pode ser enunciada assim: “a quantidade de calor transferida por condução, na unidade de tempo, em um material, é igual ao produto das seguintes quantidades”.

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (09)$$

onde,

q – Fluxo de calor por condução (kcal/h, no sistema métrico);

k – Condutibilidade térmica do material;

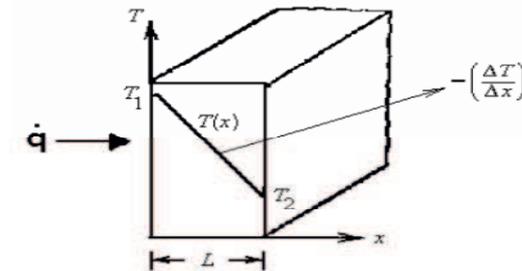
A – Área da seção através da qual o calor flui por condução, medida perpendicularmente à direção do fluxo (m^2);

$\frac{dT}{dx}$ – Gradiente de temperatura na seção, isto é, a razão de variação da temperatura com a distância, na direção x do fluxo de calor ($^{\circ}C/h$).

A razão pela qual o sinal negativo aparece na equação de Fourier, é que a direção do aumento da distância x deve ser a direção do fluxo de calor positivo. Como o calor flui do ponto de maior temperatura para o ponto de menor temperatura (gradiente negativo), assim, o

fluxo só será positivo, quando o gradiente for positivo, dessa forma, multiplicado por -1. (Figura 17).

Figura 17: Fluxo de calor por meio de uma placa



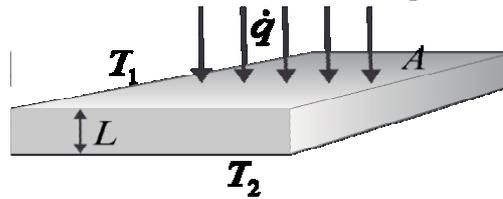
Fonte: Incropera, (2008, adaptado).

O termo k da equação de Fourier chamado de condutibilidade térmica, é uma propriedade de cada material e vem a exprimir se o material é ou não um bom condutor térmico. Sua unidade de medida no sistema internacional é $\frac{W}{m.K}$. Quando o k é um número elevado, este será um material considerado bom condutor e, caso contrário, um mal condutor ou isolante térmico.

3.4.9. Condução de Calor em uma Parede Plana

Ao considerar a transferência de calor por condução através de uma parede plana que é submetida a uma diferença de temperatura, devemos ter, uma fonte de calor, de temperatura constante e conhecida, de um lado, e um sorvedouro de calor, isto é, um “abismo” de calor do outro lado, também de temperatura constante e conhecida. Um bom exemplo disso, seria a transferência de calor que ocorre pelas paredes de um fogão solar que pode ser visto na Figura 18 e representa as paredes laterais do artefato de estudo. Partindo das paredes laterais, cuja condutibilidade térmica é k , a espessura é L e área transversal A . Do lado de dentro, cuja fonte de calor parte das ondas de calor geradas internamente e dessa forma, teremos uma temperatura T_1 dentro do fogão e do outro lado na parte externa do fogão, teremos uma temperatura T_2 , conforme a Figura 18.

Figura 18: Ilustração do fluxo de calor sobre as paredes laterais do fogão



Fonte: Autor.

Aplicando a equação de Fourier, tem-se:

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (10)$$

Separando as variáveis x e T, temos:

$$q \cdot dx = -k \cdot A \cdot dT \quad (11)$$

Na Figura 18, na face superior ($x=0$) a temperatura é T_1 e na face inferior ($x=L$) a temperatura será T_2 . Para a transferência de calor em regime do tipo permanente, o calor não irá variar com o tempo. Dessa forma, como a área transversal A da parede é uniforme e a condutividade térmica k do material que compõe a tampa é um valor médio, a integração da equação (06), entre os limites da espessura da parede verificados na Figura 18, ficará:

$$q \int_0^L dx = -k \cdot A \int_{T_1}^{T_2} dT;$$

$$q \cdot L - 0 = -k \cdot A \cdot T_2 - T_1 ,$$

$$q \cdot L = k \cdot A \cdot T_1 - T_2 ,$$

sabendo que (T_1-T_2) , corresponde à diferença de temperatura entre as faces da tampa de vidro do fogão, isto é, $\Delta T = (T_1-T_2)$, dessa forma, o fluxo será escrito por:

$$q = \frac{k \cdot A}{L} \cdot \Delta T. \quad (12)$$

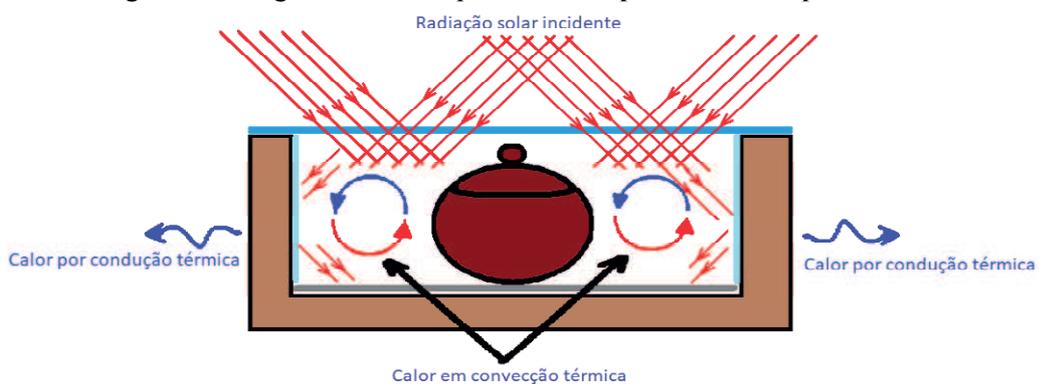
3.4.10. O Fogão solar e a Propagação do Calor

Durante o processo de execução desse experimento, um momento importante, foi quando ocorreu a intervenção do conhecimento científico ao equipamento construído pelos estudantes. É possível identificar momentos onde a propagação do calor acontece ao longo do processo de uso do fogão que ao longo do passo a passo foi discutido de modo indireto. O fogão solar do tipo caixa tem como característica importante o aprisionamento do ar internamente em sua estrutura e é aquecido de maneira direta pelo sol, sofre a influência da radiação solar e sua estrutura tenta impedir que a propagação do calor por condução venha a acontecer, gerando assim o Efeito Estufa.

Dessa forma, foi possível discutir os três processos de propagação do calor usando o fogão solar como proposta didática no ensino de Física. O forno ou fogão solar, é um experimento interessante por proporcionar um discurso científico no âmbito da Física no que diz respeito a transferência ou propagação do calor. Já sabemos que o Calor é “Energia térmica em trânsito”, e que se propaga espontaneamente do corpo mais quente (maior temperatura) para o corpo mais frio (menor temperatura).

Diante disso, em uma abordagem mais simples e direcionada ao Ensino Médio, o Calor se propaga de três maneiras: por condução térmica, por convecção térmica e por irradiação térmica. Portanto, partindo para um olhar mais científico do fogão ou forno solar, pode-se perceber que ele pode se tornar uma ferramenta para o estudo da propagação ou transferência do calor. Na Figura 19, é possível observar cada processo envolvido durante o aquecimento de uma panela com água, por exemplo.

Figura 19: Fogão solar do tipo caixa em processo de aquecimento



Fonte: Autor

A Figura 19 representa um fogão solar em funcionamento, é a partir desta imagem, que vamos traçar nossa discussão sobre a propagação do calor. De acordo com o processo de aquecimento de um recipiente com água podemos detectar os processos de propagação do

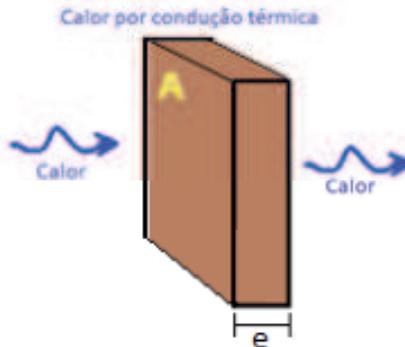
calor presentes no fogão. Começamos pelas discussões referentes a construção do forno, partindo das paredes laterais do mesmo. Ao analisar as paredes do fogão, vimos junto aos estudantes e a partir das análises em sala de aula, verificamos a necessidade do isolamento térmico interno por meio dessas paredes.

3.4.11. Condução Térmica e o Fogão solar

A propagação do calor por condução térmica segundo “Villas Bôas (2013, p. 21): a condução é o processo de propagação do calor no qual a energia térmica passa de partícula para partícula de um meio”. Como estamos analisando as paredes do fogão, podemos perceber que o fluxo térmico de calor pelas paredes do fogão pode ser analisado por meio da Lei de Fourier usando a expressão $\Phi = k \cdot \frac{A\Delta\theta}{e}$, que nada mais é do que a equação 12.

Com o uso da equação, propomos uma discussão sobre a espessura e o material usado na caixa do fogão assim como na Figura 20.

Figura 20: Representação do fluxo de calor sobre as paredes do fogão



Fonte: Autor

Pela Lei da Condução térmica escrita por Fourier, temos: “Em regime estacionário, o fluxo de calor por condução num material homogêneo é diretamente proporcional à área da seção transversal atravessada e à diferença de temperatura entre os extremos, e inversamente proporcional à espessura da camada considerada”.

Partindo desta análise verificamos a espessura das paredes do fogão, e em sala de aula discutimos matematicamente como a espessura da parede poderia trazer maior eficiência ao fogão.

3.4.12. Características Importantes da Equação de Fourier

Considerando a existência de várias variáveis importantes na equação de Fourier, verificamos que para alterar o fluxo de calor no fogão algumas características foram levadas em consideração segundo as tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Diminuição do fluxo de calor na tampa do fogão solar

Objetivo	variável	Ação
$q \downarrow$	$k \downarrow$	Trocar a parede por outra de menor condutibilidade térmica.
	$A \downarrow$	Reduzir a área superficial do fogão solar
	$L \uparrow$	Aumentar a espessura da parede
	$\Delta T \downarrow$	Reduzir a diferença de temperatura interna do fogão solar.

Tabela 2: Aumento do fluxo de calor na tampa do fogão solar

Objetivo	variável	Ação
$q \uparrow$	$k \uparrow$	Trocar a parede por outra de maior condutibilidade térmica
	$A \uparrow$	Aumentar a área superficial do fogão solar
	$L \downarrow$	Diminuir a espessura da parede
	$\Delta T \uparrow$	Aumentar a diferença de temperatura interna do fogão solar.

3.4.13. Convecção Térmica e o Fogão solar

A propagação do calor por convecção térmica, segundo Villas Bôas (2013, p. 27) a convecção é o processo de propagação do calor no qual a energia térmica muda de local, acompanhando o deslocamento do próprio material aquecido. Dessa forma, podemos discutir a parte interna do fogão e as correntes de ar que ocorrem no momento em que o fogão está sendo aquecido pelo sol (Figura 21).

Figura 21: Representação das correntes de ar dentro do fogão



Fonte: Autor.

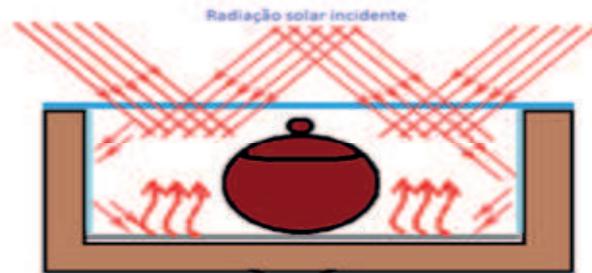
Diante disso, foi importante discutir junto com os estudantes elementos associados ao embaçamento do vidro ao longo do processo de aquecimento, partindo do princípio das correntes de convecção, e como este fenômeno ocorre apenas em meio fluido (gases, líquidos e vapores), pode ser feita uma reflexão do processo a partir do que foi visto ao longo da experimentação na oficina 3.

3.4.14. Radiação ou Irradiação Térmica e o Fogão solar

Neste momento, temos o mais importante processo de propagação do calor para ser discutido pelo docente, pois nossa fonte emissora de energia é o Sol. Segundo Vilas Bôas (2013, p. 29) a radiação é o processo de propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas. Ao serem absorvidas, essas ondas se transformam em energia térmica.

Como as ondas tem como característica o transporte de energia, apenas as ondas na faixa do infravermelho é que serão discutidas neste processo de uso do fogão solar. Porém, poderemos visualizar na Figura 22 o comportamento da radiação solar incidente e o seu comportamento no interior do fogão e a radiação infravermelha emitida pela placa inferior interna do fogão. Representamos a radiação solar incidente e a refletida internamente no fogão por meio de setas paralelas na cor vermelha.

Figura 22: Representação da radiação incidente sobre o fogão



Fonte: Autor.

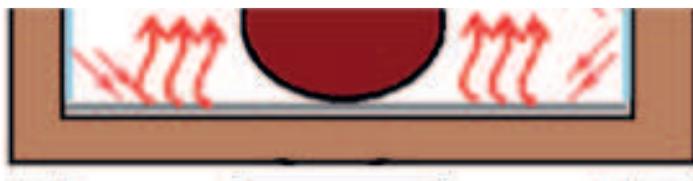
Neste momento, compreendemos junto aos estudantes como a radiação incidente interfere no funcionamento do fogão, dando ênfase a algumas particularidades do próprio fogão.

Analisando por partes, o docente pode partir da incidência solar, cujas faixas de frequência são capazes de ultrapassar o vidro tampão do fogão.

Na parte interna do fogão o docente deve lembrar sobre a necessidade de as paredes internas serem refletivas para favorecer a presença de radiação por todo o corpo interno do fogão, conforme podemos ver na própria Figura 22.

Outro ponto importante e que está diretamente ligado a radiação térmica é a placa inferior do fogão na cor preta, assumindo o papel de corpo absorvedor de radiação e por conseguinte emissor de radiação na faixa do infravermelho e que recebe o nome segundo Villas Bôas (2013), de ondas de calor, conforme Figura 23. Usamos para a radiação infravermelha uma representação na forma de setas curvadas na cor vermelha.

Figura 23: Representação da emissão de radiação infravermelha



Fonte: Autor.

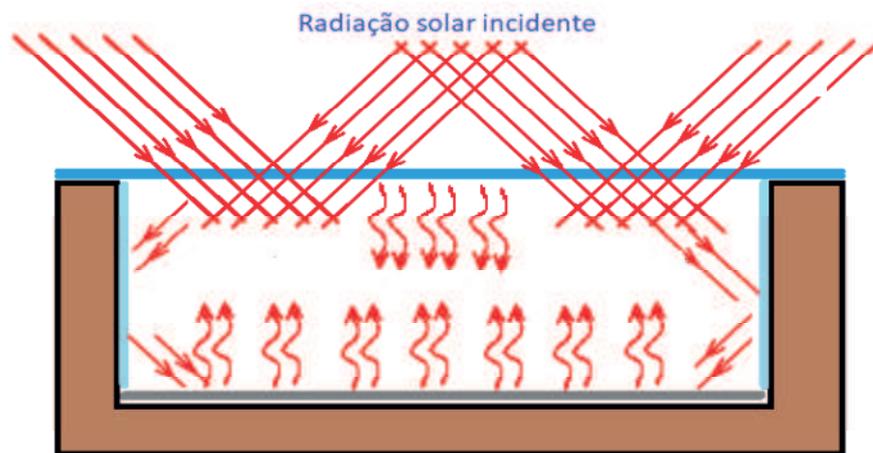
Na placa inferior interna do fogão é possível discutir a potencialidade da placa no aquecimento interno do fogão e o motivo de sua cor ser preta, como sendo propriedades que o assemelham a um corpo que obedece a lei de Stefan-Boltzmann.

Outra característica importante do fogão solar e que potencializa sua função de aquecimento de água ou alimentos, é o Efeito Estufa criado dentro do mesmo por meio do isolamento realizado pelo vidro tampão e isso permitiu que o mesmo funcione como uma mini estufa. Segundo Villas Bôas (2013, p. 31): “as estufas são recintos fechados com paredes e teto de vidro, utilizadas, principalmente em países de inverno rigoroso, para o cultivo de verduras, legumes e mesmo flores”. Baseado nisso, sabe-se que o fogão solar usa o princípio da estufa para funcionar, porém, com pequenos ajustes, como por exemplo o uso de paredes refletoras internas e paredes externas isolantes termicamente para manter o sistema aquecido e com baixa perda de calor por condução térmica.

Diante desse contexto, entendemos que as características presentes na estufa e que são comuns no fogão solar, como o fato da luz visível (radiação incidente), poder atravessar o vidro tampão, e ao mesmo tempo o vidro é opaco para a passagem da radiação infravermelha (ondas de calor) que são emitidas pela placa interna aquecida e por todo o conjunto aquecido no interior do mesmo, podendo ser visto na Figura 24. É possível por meio do estudo sobre

estufas, fazer um paralelo de discussão sobre uma estufa de flores ou o Efeito Estufa natural e o fogão solar.

Figura 24: Representação do Efeito Estufa dentro do fogão solar



Fonte: Autor.

Outro ponto importante no fogão e que tem grande relevância são os aspectos referentes a emissão de radiação por meio da placa interna inferior que faz o papel de superfície inferior interna do fogão. Nela podemos tratar da lei de Stefan-Boltzmann que estabelece que o poder emissivo de um corpo negro pode ser adaptado para um corpo real ou que tenta se aproximar de um corpo negro por meio da equação (02), e ainda podemos falar um pouco sobre o vidro que tampa o fogão, dando ênfase a equação (03) que trata da soma dos aspectos físicos relevantes em seu funcionamento que são: a transmissividade, a absorvidade e a refletividade. Assim, potencializamos o estudo sobre radiação térmica por meio do estudo sobre o Efeito Estufa, tornando mais claro o funcionamento do fogão e todos os processos de propagação do calor que podem ser analisados por meio do uso do fogão solar do tipo caixa.

Os estudantes, além de compreenderem a Física presente, podem de certa forma, adaptar esses conhecimentos para compreender saberes em outras áreas. O que reforça a interdisciplinaridade a partir do estudo da Física e desse experimento.

3.5. OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS DE DELIZOICOV

A conhecida proposta de Delizoicov, surgiu segundo Muenchen (2014) a partir de uma reflexão acerca dos projetos desenvolvidos e analisados na Guiné-Bissau (Delizoicov

1980, 1982; Angotti, 1982), no Rio Grande do Norte (PERNAMBUCO, 1981; 1993; 1994) e no município de São Paulo (SÃO PAULO, 1990; 1992), quando se procurava compreender as origens, os pressupostos teóricos e as diferentes formas de utilização dos três momentos pedagógicos de Delizoicov (3 MPs).

Os três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, segundo Muenchen (apud DELIZOICOV, 1982; DELIZOICOV e ANGOTTI, 1999a, p. 28) são basicamente: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento.

- **Problematização inicial**

Muenchen e Delizoicov (2014) descrevem a problematização inicial com a “finalidade de propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém”. Para este momento pedagógico, apresentam-se as seguintes características:

- O docente inicia o estudo por situações reais que possam fazer parte do cotidiano do estudante para os primeiros questionamentos;
- É necessário que as situações propostas nos questionamentos conduzam os estudantes para os conteúdos que serão trabalhados posteriormente;
- Durante este momento o professor interage com os estudantes na construção de novos conhecimentos, a partir do que já existe na cabeça do estudante dando as coordenadas por meio de constantes questionamentos.

Com relação à função do primeiro momento Delizoicov e Angotti (1990a) enfatizam que:

Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 29)

Nesse momento da aprendizagem, é de fundamental importância promover no aluno as concepções alternativas, ou seja, o que o aluno já tem de noções sobre o conteúdo abordado, fruto de aprendizagens anteriores, como também, propor um problema a ser resolvido, nesta etapa o mesmo deve sentir a necessidade dos conhecimentos que ainda não possui. (MUENCHEN E DELIZOICOV, 2014, p. 623)

- **Organização do conhecimento**

O segundo momento didático se refere à organização do conhecimento. Esse momento segundo Muenchen e Delizoicov (2014) acontece sob a orientação do professor, onde os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados. Para este momento as características se fundamentam de acordo com os seguintes tópicos:

- Momento em que os conteúdos são tratados para resolver a problematização inicial;
- Aqui os conteúdos são tratados na pretensão de resolver os problemas e questionamentos relacionados ao trabalho docente;
- O experimento é colocado em execução e dessa forma, o conhecimento necessário para que resolvamos posteriormente os questionamentos da problematização inicial.

Delizoicov e Angotti (1990a, p. 30) afirmam que em relação ao núcleo dos conteúdos específicos abordado, [...] deve ser preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos e do livro didático ou outro recurso pelo qual o professor tenha optado para o seu curso.

- **Aplicação do conhecimento**

Durante esse terceiro e último momento pedagógico acontece à abordagem sistemática do conhecimento pelo aluno. Segundo Muenchen e Delizoicov (2014) é composta por abordagem de análises, como também, interpreta situações iniciais que determinaram o estudo. As características para este último momento se fundamentam de acordo com os tópicos a seguir:

- Neste momento, aplicamos o conhecimento adquirido;
- Todas as análises feitas anteriormente passarão a ser tratadas de modo prático.

Ao apresentar esse momento pedagógico, os autores corroboram que:

A abordagem sistemática no que se refere a “dinâmica e evolutivamente”, faz com que o aluno perceba que o conhecimento, além de ser uma construção historicamente determinada, está acessível para qualquer cidadão e, por isso, deve ser apreendido, para que possa fazer uso dele. Desta forma, “pode-se evitar a excessiva dicotomização entre processo e produto, física de ‘quadro-negro’ e física da ‘vida’” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 31).

Essa última etapa descreve o momento em que o aluno verifica a aprendizagem por ele construída, colocando em prática toda a carga de conhecimento para resolver os problemas

iniciais, bem como outros problemas de mesma natureza, e finaliza o processo de ensino e aprendizagem dos três momentos pedagógicos, sendo conhecida como etapa de aplicação do conhecimento (MUENCHEN E DELIZOICOV, 2014, p. 624).

De acordo com as concepções baseadas nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, montamos estratégias para o ensino de propagação do calor por meio do uso do fogão solar do tipo caixa. É importante ressaltar que a ordem com a qual os três momentos pedagógicos são discutidos no capítulo, serão alteradas nesta nossa proposta pedagógica, pois como o intuito deste trabalho é usar o fogão solar como propulsor para o estudo sobre propagação do calor, então, vale salientar e informar de que maneira estes momentos foram trabalhados.

A nossa proposta didática começou pela problematização inicial durante a montagem do fogão que durou 2 oficinas (4 horas/aula), já na execução do experimento, isto é, no uso do fogão foi tratado da aplicação do conhecimento e a mesma ocorreu em 1 oficina (2 horas/aula). E por fim, na última oficina, que durou 2 horas/aula, ocorreu a organização de todo conhecimento adquirido ao longo das 3 oficinas anteriores.

Para cada oficina foi estabelecido um momento pedagógico que se encaixe com o momento vivido pelos estudantes na execução da proposta didática, dessa forma, como foi mencionado no parágrafo anterior a ordem de execução dos momentos pedagógicos de Delizoicov, sofreram alterações. Para a oficina 1 e 2 que correspondeu a montagem do equipamento, foram realizadas as primeiras perguntas importantes que caracterizam a problematização inicial. Em seguida, na oficina 3, que se relacionou ao uso do fogão em condição normal, foi realizada a aplicação do conhecimento existente no uso do fogão e que o estudante tinha como conhecimento prévio sobre o fogão e as primeiras impressões sobre o funcionamento do mesmo. Por fim, na oficina 4 foi realizado o último momento pedagógico, por onde ocorreu a análise do fogão mediante seu uso e abordagem do conhecimento científico sobre propagação do calor. Nesse momento, podemos dizer que foi realizada a organização do conhecimento adquirido com a experimentação do fogão e o conhecimento científico existente sobre propagação do calor, somada ao conhecimento prévio dos estudantes antes de tudo acontecer.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

O capítulo é destinado a discussão de todo o processo de trabalho realizado na proposta didática para o ensino de Propagação do Calor por meio de um experimento de baixo custo, que se trata de um fogão solar do tipo caixa. Nos deteremos sobre o tipo de pesquisa que foi realizada e de que maneira ela aconteceu, assim como, o processo de trabalho e cada passo realizado para que o processo de ensino e aprendizagem da Física tivesse ou não êxito.

Neste momento, a preocupação foi orientar cada processo utilizado e propor a elaboração de um relato apresentando como aconteceu. Foi possível produzir dois questionários, um antes e um depois, mas de certa forma, o intuito principal é propor um procedimento de trabalho para cada docente com a participação direta do pesquisador (professor) e do público alvo (os estudantes).

4.1. NATUREZA DA PESQUISA

Essa pesquisa quanto, a sua abordagem, é de natureza qualitativa e tem por objetivo verificar as possibilidades existentes em uma proposta didática para o ensino de Propagação do Calor a partir do processo de construção e utilização de um fogão solar do tipo caixa. Desta forma, pretendemos tratar a proposta como um relato de experiência que pode ser utilizado como parâmetro para outros professores.

Considerada esta perspectiva, é importante ressaltar que:

Na pesquisa qualitativa, o cientista é ao mesmo tempo o sujeito e o objeto de suas pesquisas. O conhecimento do pesquisador é parcial e limitado. O objetivo da amostra é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas: seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações (DESLAURIERS, 1991, p.58).

Nessa proposta didática, a preocupação é verificar dentro do processo de ensino e aprendizagem, aspectos da realidade que não precisam ser quantificados, mas podem representar valores importantes dentro da perspectiva do ensino de propagação do calor. Segundo Minayo (2001), a pesquisa qualitativa trabalha considerando o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, permitindo adentrar em espaços mais profundos das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à simples operacionalização de variáveis.

Todas as informações trabalhadas e obtidas ao longo do processo de execução das oficinas serão abordadas dentro desta perspectiva de pesquisa, em que todo o trabalho realizado proporciona diferentes situações e comportamentos que posteriormente serão discutidos.

Considerando o tipo de procedimento adotado, a pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa qualitativa do tipo ação, pois, como sugere FONSECA (2002), nesta modalidade de pesquisa, o pesquisador (no caso o professor) também se envolve no processo juntamente com o público alvo (os estudantes). Conforme o referido autor, a pesquisa-ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. O processo de pesquisa recorre a uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos (p.34).

Assim, podemos resumir a proposta como sendo de uma pesquisa de natureza qualitativa do tipo ação. E dessa forma, podemos nos situar perante cada passo das oficinas por meio de uma análise dos fatos, valores, comportamentos e atitudes presentes no nosso público alvo e no processo a partir de uma intervenção em que o professor e estudante interagem ao longo de todo o processo de ensino e aprendizagem.

4.2 LOCAL E PÚBLICO ALVO

A escola utilizada no processo foi o Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB Campus Sousa, que fica situado na região do Município de São Gonçalo a aproximadamente, 15 km da cidade de Sousa. Esta escola está situada no Sertão do estado da Paraíba e tem como principal característica o alto índice de insolação, que potencializa ainda mais o uso do fogão solar. A turma selecionada para este trabalho foi o 2º Ano Médio Integrado do Curso Técnico de Meio Ambiente na qual o conteúdo programático regular tem a Transferência de Calor como um dos assuntos de interesse.

Foram selecionados 11 estudantes divididos em 3 (três) grupos organizados da seguinte forma: 2 grupos com 4 (quatro) estudantes e 1 grupo com 3 (três) estudantes. Diante da perspectiva que cada grupo construiria o seu fogão solar, identificamos a necessidade de dinamizar mais ainda o processo de montagem estabelecendo na montagem uma certa diferença, de modo que para cada um dos fogões, o material interno de reflexão seria

diferente: o grupo 1 (G1) usou como material refletor retalhos de espelho, o grupo 2 (G2) usou como material refletor o papel alumínio e o grupo 3 (G3) utilizou pedaços de cd.

Para cada oficina de trabalho foi estabelecido o período de 2 horas-aula, ou seja, 1h e 40min, considerando que cada aula corresponde a 50 minutos. Naquele momento foi possível acompanhar e participar de todo o processo de montagem e execução do fogão solar e discussão do conteúdo de Transferência de Calor discutindo suas particularidades a partir do uso do fogão, assim como seu uso naquela região do estado, e de que maneira o fogão pode ser utilizado como opção para a redução ou desuso de lenha numa perspectiva de controle e gestão ambiental.

Na próxima sessão, relataremos os detalhes de cada uma das oficinas de trabalho, apresentando e explicando o passo a passo da metodologia que orientou a nossa intervenção de ensino.

4.3. METODOLOGIA DA INTERVENÇÃO

Com o objetivo de tornar mais rico e diferenciado o ensino de Propagação e/ou Transferência do Calor, cada oficina discutiu com os estudantes os processos de montagem, utilização e fenômenos físicos e socioambientais do fogão solar e, neste sentido, foi discutido com os estudantes o quanto o fogão solar pode ser importante no âmbito da Física e no âmbito de uma tecnologia social e ambiental.

A proposta didática foi dividida em “oficinas” e para que as oficinas pudessem acontecer, foram preparadas aulas de participação coletiva dos estudantes, que aconteceram ao longo de 4 semanas, nos turnos da tarde e parte da manhã. As oficinas foram divididas em 4 (quatro) dias, isto é, quatro momentos com os estudantes, os dois primeiros em sala de aula, um terceiro fora da sala de aula e um quarto e último momento de retorno a sala de aula.

A oficina (1) compreende a primeira parte da montagem, e foi realizada na sala de aula; a oficina (2), compreende a segunda parte e finalização da montagem, juntamente com a apresentação de conteúdo referente a Educação Ambiental e características da região onde estamos situados (Caatinga). Já a oficina (3), compreende a experimentação e utilização dos equipamentos montados pelos estudantes e coleta de dados referente a eficiência dos mesmos no âmbito da análise do comportamento no decorrer do tempo e da coleta da temperatura de cada fogão ao longo do tempo, assim como a coleta de imagens do processo.

Na oficina (4) foi o momento de uma exposição teórica sobre a Propagação do Calor e análise do funcionamento do fogão solar. Neste último momento, foi proposto um questionário simples de sondagem do processo de experimentação e exposição de conteúdo.

Cada oficina teve suas atividades organizadas de maneira a proporcionar maior interesse e curiosidade dos estudantes para o entendimento do processo de aquecimento da água e de Propagação de Calor, presente ao longo do processo de execução do experimento. Na sessão seguinte, será apresentado um relato da experiência.

4.3.1. Oficina 01

No primeiro encontro, os estudantes foram colocados frente a frente com o material didático, que consistia em papelão (usado nas caixas e paredes laterais), cola, durex, fita adesiva, tinta spray, zinco ou alumínio (usado para o fundo interno do fogão solar), vidro (usado como cobertura do fogão), pedaços de espelho, Cds e papel alumínio que posteriormente seriam usados nas paredes internas do artefato.

Nesse contexto do referido encontro, foram realizadas as problematizações iniciais sobre o que seria o fogão e como ele deveria funcionar. Dentro dessa perspectiva, e no processo de confecção do artefato, os estudantes acabaram sendo convidados a manusear papelão, tesoura, cola, tinta e demais objetos envolvidos na tarefa. Ao relacionarem-se com o material, os participantes já começam a indagar sobre a potencialidade dos mesmos para o futuro funcionamento do fogão. O que no campo da ciência configura com levantamento de hipóteses, dessa forma, com essas indagações instigamos os estudantes a projetar as potencialidades dos materiais. A Figura 25 registra o momento em que a turma recebe o material necessário à construção do fogão.

Figura 25: Estudantes recebendo material de trabalho



Fonte: Autor

Nesse momento de entrega dos materiais, cumprimos o primeiro passo da montagem foi realizado, porém, é importante ressaltar, o interesse e empenho dos estudantes na montagem do aparato e nas intervenções na busca de soluções para os problemas enfrentados no processo de montagem. Nessa primeira etapa foram usadas duas aulas de 50 minutos, no período da tarde.

4.3.2. Oficina 02

No segundo encontro, é retomada a construção do fogão, do momento no qual havia parado, e a busca pela conclusão da construção e ajustes na montagem é realizada por todos. Os estudantes começam a se questionarem sobre a futura qualidade do fogão e a problematização é direcionada para a montagem e conclusão do aparato. Pois, antes da finalização do projeto, os estudantes antecipam muitas questões que poderiam ser respondidas nas outras etapas do processo de execução do projeto.

De conformidade com os três momentos pedagógicos sugeridos por Delizoicov (1982), as perguntas e problematizações podem ser iniciadas já no momento da montagem. Até porque, naturalmente, as questões sobre o funcionamento do fogão começaram a aparecer: de que maneira o fogão poderá exercer sua função na região próxima a Sousa? O mesmo seria de fácil manuseio?

Nessa etapa também foram usadas duas aulas de 50 minutos, no período da tarde. Os estudantes demonstraram empenho e vontade de ver o equipamento funcionando. Neste momento os fogões se tornaram diferentes, pois, cada um tinha um revestimento interno diferente: o primeiro era revestido com pedaços de espelho, o segundo com pedaços de cd e o terceiro com papel alumínio. A superfície interna do fogão foi revestida por uma placa de alumínio pintada em preto fosco, para a absorção dos raios solares e emissão posterior de radiação na faixa do infravermelho.

Na Figura 26, podemos observar o empenho dos estudantes na montagem final do artefato, sempre na expectativa de concluir o projeto para, então, poder testá-los.

Figura 26: Turma trabalhando na construção dos fogões



Fonte: Autor.

Nas oficinas 01 e 02, o foco central foi dividido em duas importantes vertentes: a problematização inicial sugerida por Delizoicov (1982) e a possibilidade, ou não, de funcionamento de cada um dos fogões, sobretudo, a capacidade de aquecimento de cada aparato a partir da concepção prévia dos envolvidos.

Um fator importante nestes dois primeiros momentos, foi a curiosidade dos estudantes em entender como cada parte do fogão funcionaria e como seria possível algo tão simples aquecer água e até mesmo preparar alguns alimentos.

4.3.3. Oficina 03

Nessa terceira oficina, o fogão foi colocado em funcionamento. Para isso, foram usados recipientes com água contendo cada um 300 ml. Os recipientes são idênticos e pintados em preto fosco para a absorção de energia térmica.

Figura 27: Recipientes com água utilizados nos fogões



Fonte: Autor

Outro aparato utilizado no processo de funcionamento, foi um sensor térmico para medir a temperatura do fogão ao longo do tempo. Esse sensor conseguiu medir a variação térmica interna de cada fogão solar e do ambiente externo durante o processo de aquecimento da água. O processo foi realizado no turno da manhã e começou as 09:00 horas até as 10:40 horas, o que totalizava em aula, o correspondente a duas aulas. O processo foi fotografado e analisado pelos estudantes ao longo do tempo de execução do experimento. Na Figura 28, verifica-se um dos momentos registrados pelos estudantes do processo de funcionamento do fogão.

Figura 28: Estudantes analisando o funcionamento dos fogões



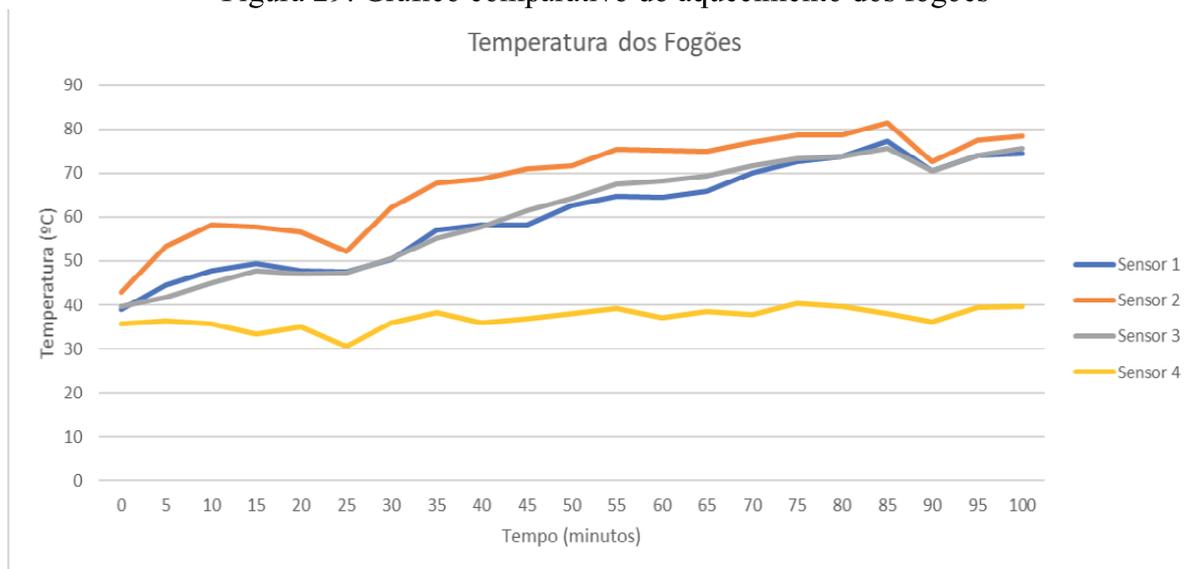
Fonte: Autor

Para uma melhor análise dos dados de funcionamento do fogão solar, foi utilizado um conjunto de sensores térmicos que mediam a temperatura interna de cada fogão, assim como a temperatura do meio externo a cada 5 segundos, para uma melhor compreensão do funcionamento dos fogões solares. Os sensores foram incorporados a proposta pedagógica para comprovar o processo de aquecimento do fogão e as variações existentes entre cada tipo de fogão. Estes sensores utilizados compõem um pequeno processador que utiliza a tecnologia Arduino conectada a 4 sensores térmicos, onde 3 sensores foram colocados no interior de cada fogão e um quarto sensor foi colocado externamente aos fogões para medir a temperatura do meio ambiente durante o experimento. Este equipamento foi construído para medir a temperatura dos fogões solares e do meio ambiente externo ao fogão pelo professor de informática do próprio IFPB com o intuito de promover mais dados relevantes sobre o uso de fogão solar pelos professores e estudantes do Curso Técnico em Meio Ambiente do Campus Sousa.

O gráfico apresentado na Figura 29 apresenta a variação da temperatura durante o aquecimento interno do fogão ao longo do tempo, em comparação ao meio ambiente externo.

No gráfico os sensores 1, 2 e 3, representam os fogões e o sensor 4 representa o meio ambiente externo. O sensor 1 em azul, trata do fogão solar construído com cds em seu interior refletivo, o sensor 2 em laranja trata do fogão solar construído com papel alumínio em seu interior refletivo, o sensor 3 em cinza, trata do fogão solar construído com retalhos de espelho em seu interior refletivo, e o sensor 4 em amarelo, trata da temperatura do meio ambiente ao longo do processo de funcionamento dos fogões solares.

Figura 29: Gráfico comparativo do aquecimento dos fogões



Fonte: Autor

Os dados coletados se tornaram o elo de ligação entre o funcionamento real do fogão e o conhecimento adquirido pelos estudantes durante a montagem e execução do equipamento. O momento foi extremamente interessante e o potencial real de funcionamento do fogão é visto por meio do gráfico da Figura 29.

Como mencionado anteriormente, nessa proposta pedagógica, o uso dos três momentos pedagógicos de Delizoicov foram trabalhados em uma sequência diferente. Como o intuito da proposta é montar uma nova estratégia de ensino de Física, utilizamos a seguinte ordem para os momentos pedagógicos, a problematização no início do processo com a montagem do fogão. Em seguida a aplicação do conhecimento por meio da experimentação do fogão e, no final, a organização do conhecimento confrontando os conhecimentos científicos com os conhecimentos adquiridos ao longo do processo de montagem e uso do fogão.

Nessa oficina, o detalhe está na modificação da sequência didática proposta por Delizoicov, quando é feito o uso da aplicação do conhecimento ao invés da organização do

conhecimento, pois neste momento, colocamos em funcionamento os fogões solares e verificamos no decorrer do tempo o que ocorre com cada um deles. Dessa forma, registramos o aumento da temperatura no interior de cada um deles e o comportamento da temperatura do meio ambiente externo aos fogões. Enquanto a temperatura do meio ambiente oscilava entre 30 e 41 graus Celsius, os fogões alcançaram temperaturas próximas de 80 graus Celsius em seus interiores, assim como a água dentro dos recipientes também tiveram suas temperaturas medidas no término da experimentação e os mesmos atingiram temperaturas próximas de 80 graus Celsius.

4.3.4. Oficina 04

Na quarta etapa da proposta, os estudantes retornam para sala de aula e ali confrontaram junto ao professor as ideias entre o conhecimento científico da propagação do calor, com o conhecimento adquirido com a montagem e utilização do fogão solar construído por eles. Como pode ser visualizado na Figura 30, o registro do encontro deles com os fogões após o uso.

Figura 30: Análise dos fogões pós experimentação



Fonte: Autor

No início da oficina 04, que durou o equivalente a duas aulas de 50 minutos, no turno da manhã. Os estudantes foram colocados para visualizar todos os fogões e verificar o que cada fogão tem de diferente e se estão confeccionados de maneira correta. Em seguida, fizemos a exposição teórica em torno do conteúdo de propagação do calor, tomando como base, o uso do fogão solar e o meio ambiente, como se pode observar na Figura 31.

Figura 31: Registro da aula sobre propagação do calor



Fonte: Autor

Neste momento, a aula assume as características de um dos momentos pedagógicos descrito por Delizoicov (1982), quando o autor se refere a organização do conhecimento. Todo o conteúdo é discutido com a preocupação de fazer um paralelo entre o uso do fogão e o que acontece ao longo do tempo em que o fogão funcionou. No decorrer da aula os estudantes percebem de forma clara como o fogão funciona e, ao mesmo tempo, o processo de propagação do calor presente em todo o processo.

Ao longo da aula, a discussão ficou interessante, sendo finalizada com a aplicação de um questionário simples (Apêndice 1) sobre a relação entre o meio ambiente e o fogão solar. Ao mesmo tempo, foram levantadas indagações sobre detalhes do fogão e do meio ambiente que possibilitam o funcionamento do aparato e a propagação do calor.

Um questionário simples, foi utilizado. Outro momento importante da aula ocorreu quando os estudantes verificaram, por meio de uma projeção, o gráfico de aquecimento dos fogões ao longo do tempo, e comparam com o meio ambiente. (Figura 29). Para que a oficina fosse concretizada, o questionário mencionado anteriormente foi realizado, como na Figura 32.

O questionário serviu para averiguar dos estudantes como o fogão solar do tipo caixa foi ou não importante na aprendizagem de alguns dos processos de transmissão de calor. Porém, nos detemos mais nas questões Físicas, perguntando, por exemplo, sobre a influência do Sol no fogão e se o mesmo seria ou não eficiente, e como mencionado anteriormente, por questões de tempo, não nos deteremos a uma avaliação mais profunda da proposta.

Figura 32: Estudantes respondendo questionário



Fonte: Autor

Logo após a resolução do questionário, por parte dos estudantes, a oficina foi finalizada. As oficinas passam a ser tratadas como uma proposta didática de trabalho docente na turma de 2º ano Médio do Curso Técnico em Meio Ambiente do campus Sousa do IFPB.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste momento do trabalho, nos deteremos a desenvolver críticas positivas e negativas sobre o processo de ensino realizado. O objetivo central foi utilizar um fogão solar do tipo caixa de baixo custo como uma proposta didática para ensinar Propagação do Calor, esta proposta didática de ensino tratava de uma prática de ensino que ocorreria durante o ano letivo regular da escola, cada oficina correspondia a 2 horas/aula, e o trabalho aconteceu durante semanas normais de aula. Outro aspecto importante é que esta pesquisa foi do tipo qualitativa e nos permite refletir sobre o ensino de Física e sobre o uso dos momentos pedagógicos de Delizoicov. Nesse momento os resultados apresentados serão expostos por meio de pontos positivos e negativos de cada etapa, e nas considerações finais será realizada uma visão geral dessa proposta didática.

5.1. OFICINA 01 E 02

As oficinas 01 e 02 consistiram na montagem do fogão, a análise dos pontos positivos e negativos será feita em um único momento. Na primeira e segunda oficina, foi onde tudo começou, pois tratava da montagem do fogão solar do tipo caixa.

Começaremos por analisar os pontos positivos existentes. A aula começa com os estudantes ansiosos pela montagem do fogão, principalmente por ver a matéria prima de montagem do fogão à sua frente. Logo no início da aula e da apresentação da matéria prima, algumas indagações foram feitas de acordo com a problematização inicial de Delizoicov. Questões como: “O que acham destes materiais aqui disponibilizados para vocês?”; “Dá para fazer um fogão solar?”; “Será que ele funcionará?”; “Será que o Sol consegue aquecer algo dentro dessa caixa?”. E após essas indagações, foi possível ver o entusiasmo na montagem do fogão e a necessidade deles em ver o fogão pronto para testar. Surgiram indagações, por parte dos deles, como por exemplo: “Eita, pra que a tinta?” ou “Será que isso vai funcionar?” ou ainda “Será que com cd funciona?”. Essas indagações favorecem o interesse e propósito do fogão nesta proposta didática, pois era necessário que o fogão fosse algo significativo para eles, durante as oficinas e que sua montagem, tal como a execução proporcionasse a possibilidade de tratar sobre propagação do calor quando o mesmo fosse colocado para funcionar.

Esse momento de montagem do fogão foi importante para os estudantes, assim como para a pesquisa, pois foi onde colhemos as principais informações para a proposta. Desse modo, a montagem mostrou-se, muito proveitoso: o entusiasmo, a parceria em grupo, a divisão de tarefas entre os colegas e isso configurou muito mais do que apenas um conteúdo de Física apresentado. Essa prática proporcionou crescimento intelectual e científico, pois também abordamos o aspecto social do fogão, assim como proporcionamos a interação entre os estudantes, no trabalho coletivo. Desse modo, não deixamos de lado a exploração do tema sustentabilidade, já que o fogão tipo caixa apresenta conceitos importantes para proteção do meio ambiente.

A montagem começou com algumas diretrizes e dicas, conforme a Figura 33 mostra. Assim, nesse momento foi possível perceber a empolgação e vontade dos estudantes em tornar aquelas caixas de papelão em um equipamento que funciona a partir do Sol.

Figura 33: Momento da montagem dos fogões.



Fonte: Autor.

Os estudantes montavam cada parte do fogão, tendo a preocupação de obter êxito na montagem, pois acreditavam que o bom funcionamento do fogão ocorreria apenas se a montagem também fosse realizada com qualidade. Na Figura 34 e 35, os estudantes se unem na montagem dos fogões.

Figura 34: Montagem das camadas internas do fogão.



Fonte: Autor.

Ao término desse primeiro dia de oficina chega-se ao resultado mostrado na Figura 34, um primeiro esboço de um fogão com suas paredes internas prontas para a segunda oficina.

Figura 35: Finalização da primeira etapa de montagem do fogão.



Fonte: Autor.

Na segunda oficina, iniciamos o processo de ensino com uma explicação rápida sobre como finalizar o fogão, e como montar a parte refletiva do fogão. Diante disso, foi direcionado a todos como preparar cada parede interna do fogão com o material refletivo e como deixar pronto as superfícies inferiores dos fogões. Nesse momento, o interesse pela montagem final era o ponto alto desta oficina, pois o entusiasmo em produzir seu fogão era muito perceptível ao longo de toda produção, o que podemos verificar na Figura 36.

Figura 36: Montagem da camada interna



Fonte: Autor.

Ao término dos dois dias de montagem do fogão, o resultado esperado foi alcançado e, como planejado, os três fogões ficaram prontos como pode ser visto na Figura 37. A espera pela oficina 03, era nesse momento muito maior, pois os estudantes queriam ver na prática seus equipamentos funcionando.

Figura 37: Fogões prontos para experimentação



Fonte: Autor

Dentre os pontos negativos da montagem, apontamos a sala de aula como sendo um elemento. Pois mesmo com o trabalho de montagem do fogão dando certo, sabemos que o ambiente não é preparado para esse tipo de atividade. Na escola existia um laboratório de Física, porém, o mesmo não estava adequado, visto que não oferecia condições para que os estudantes manipulem os materiais disponibilizados para a montagem do fogão. A sala de aula também não oferecia condições para o manuseio dos materiais de montagem do fogão, mas conseguimos realizar a montagem dos mesmos sobre as cadeiras da sala (oficina 01) e depois sendo necessária a retirada das cadeiras do meio da sala para abertura de espaço e assim, acomodar os estudantes sentados no chão para a finalização da montagem (oficina 02).

Mesmo considerando a sala de aula como um local desfavorável para a construção dos fogões solares, foi possível fazer a adequação do ambiente, dessa forma tratamos como um ponto negativo pela falta de estrutura, mas o ambiente pôde ser adaptado para nosso trabalho. Isso potencializa a nossa proposta quando mesmo com pequenas dificuldades estruturais percebe-se a possibilidade de ir além do que o ambiente dispõe.

Outro aspecto negativo nas oficinas 01 e 02, estaria ligado à necessidade de um lugar externo para pintura das placas internas do fogão, a ausência desse lugar acabou sendo um problema. Mas também conseguimos sanar essa dificuldade ao pintar as placas no pátio da escola, em um horário que não atrapalhasse os demais estudantes da escola.

5.2. OFICINA 03

Nesta terceira oficina, os 3 (três) fogões construídos pelos estudantes foram colocados para aquecer um reservatório de metal, pintado em preto fosco com 300 ml de água em cada um deles. A pretensão é medir a temperatura interna atingida pelo fogão no decorrer do tempo

de exposição ao sol. Dito isto, os pontos positivos desta oficina se relacionam com praticamente toda a atividade experimental, uma vez que poucos foram os pontos negativos.

Cada grupo mediu o tempo de funcionamento do fogão, anotando a cada 4 minutos o que relata do seu funcionamento. Diante disso, cada anotação retratou o que cada grupo pode perceber do funcionamento de seu fogão e, por fim, tudo isso poderá ser analisado posteriormente. Na Figura 38, podemos verificar os três fogões expostos no pátio da escola. Uma das dificuldades enfrentadas durante esta oficina foi a necessidade de compra dos recipientes, uma vez que o laboratório de Física da escola não dispunha destes recipientes.

Figura 38: Fogões em funcionamento no pátio da escola



Fonte Autor

Esta etapa ocorreu no pátio da escola e à céu aberto, e em sua análise podemos destacar como pontos positivos e negativos algumas coisas interessantes. Dentre eles, podemos começar pelo processo de uso do fogão que necessitava de um dia ensolarado e que potencializou a experimentação. O sol proporcionou uma temperatura ambiente próxima dos 40 graus Celsius, e no interior dos fogões temperatura próxima de 90 graus Celsius.

O recipiente com água colocado no interior do fogão também sofreu aquecimento e a água chegou próximo dos 85 graus Celsius, caracterizando que estava próximo da ebulição. Isso proporciona a proposta didática a eficiência dos fogões e colabora para a análise dos processos de propagação do calor. Foi possível observar que o processo de aquecimento aconteceu, e que a água nos 3 fogões conseguira chegar próximo ao ponto de fervura com a presença de pequenas bolhas em cada recipiente com água e o ligeiro embaçamento do vidro tampão, conforme Figura 39.

Figura 39: Fogões com ligeiro embaçamento dos vidros



Fonte: Autor

O uso dos sensores térmicos permitiu que as informações numéricas de temperatura tivessem uma precisão mínima capaz de comprovar o aquecimento da água, do interior do fogão e do ambiente externo. Foi possível verificar e anotar em relatório o comportamento do fogão e da água ali armazenada ao longo do tempo e que mais tarde favoreceria o entendimento sobre propagação do calor.

Consideramos também como ponto positivo da experimentação ressaltar a mudança na ordem de trabalho segundo os momentos pedagógicos de Delizoicov, pois neste momento foi realizada a aplicação do conhecimento ao invés da organização do conhecimento. Isto favoreceu o entendimento dos processos de propagação do calor quando realizada a oficina 04. E como diz Muenchen (2014, p. 620) a aplicação do conhecimento é:

momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo estudante, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

Por outro lado, nesse momento os pontos negativos são bem menores. Podemos ressaltar a falta de um ambiente coberto para proteção dos estudantes durante a experimentação. A presença de algumas nuvens em determinados momentos da experimentação, que de certa forma, interferiram na temperatura e que pode ser visto no gráfico da Figura 29, assim como a falta de um melhor isolamento do vidro tampão dos fogões. Esta falta de isolamento permitiu o escape de ar de dentro do fogão para fora e impediu o melhor funcionamento dos mesmos.

5.3. OFICINA 04

A culminância da proposta aconteceu na oficina 04, que voltou a ocorrer em sala de aula e teve como ponto principal a organização do conhecimento proposta por Delizoicov, assim como seus momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Nesse momento, aplicamos a organização do conhecimento, pois optamos desde o início dessa proposta didática modificar a ordem de uso destes momentos. No uso da organização do conhecimento proposta por Delizoicov, iniciamos a introdução do conteúdo propagação do calor, e em um segundo momento da aula, a análise de cada fogão na busca de prováveis falhas.

Nesta nossa última oficina nenhuma dificuldade enfrentada, pois nesse momento, o trabalho realizado foi avaliado por todos e como a aula consolida o trabalho realizado anteriormente, os resultados que serão tratados agora, apenas consolidam e valorizam a proposta didática. Na Figura 40, observamos estudantes e experimentos em sala de aula para a aula expositiva e análise dos dados coletados.

Figura 40: Aula expositiva sobre o fogão e a propagação do calor



Fonte: Autor

Neste momento, a aula tem caráter expositivo para que pudéssemos discutir os processos de propagação do calor e de que maneira estes processos estavam presentes no fogão solar que cada grupo de trabalho confeccionou. A discussão e análise das oficinas realizadas levam em média duas horas/aula, e dessa forma, procurou-se discutir os processos de propagação do calor com muito mais propriedade, pois o fogão solar, de certa forma, agrega valor a todos os processos de propagação do calor, valorizando ainda mais a proposta didática e o conteúdo ensinado por meio dela.

Outro ponto positivo, foi a apresentação do gráfico (Figura 29) comparativo dos fogões em relação ao meio ambiente externo, pois fez com que os estudantes fossem

perguntando sobre o fogão: “Qual foi o tempo de aquecimento da água?”, por exemplo. Isso de certa forma, valida a importância dos sensores, já que eles geraram informações importantes sobre cada experimento realizado pelos estudantes e um melhor entendimento a respeito da irradiação térmica.

Os sensores térmicos utilizados na proposta fazem parte de um trabalho realizado no próprio Campus Sousa do IFPB pelo prof. Msc. José Guimarães de Carvalho Neto (prof. de Gestão Ambiental) e o prof. Marcos José do Nascimento Junior (prof. de Informática) este último foi o desenvolvedor dessa tecnologia em Arduino para medir a temperatura interna dos fogões solares e externas, assim como, a temperatura dos recipientes e das substâncias por ele aquecida no decorrer do tempo, podendo gerar gráficos para posterior análise.

O uso de um questionário simples no final da aula pode ser tratado como um ponto positivo do trabalho, porém, não o consideramos como prioridade da proposta, mas sim como uma tarefa importante para ser tratado em outro momento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns posicionamentos que foram afirmados aqui, têm como principal característica, a avaliação do processo de proposta didática elaborado e todo o percurso didático realizado para a conclusão deste trabalho.

É importante ressaltar que nosso intuito foi pautado nos momentos didáticos de Delizoicov para melhorar o ensino de Física do segundo ano do Ensino Médio técnico no âmbito do curso técnico em meio ambiente do campus Sousa do IFPB.

Como mencionado anteriormente, o ensino de Física tem passado por constantes modificações no que diz respeito a melhoria nas práticas de ensino. Dessa forma, investir em um modelo diferente de ensinar Física com materiais alternativos ou de baixo custo, ou até mesmo novas tecnologias sociais, se torna algo importante e até mesmo eficaz. Nessa perspectiva, o uso de algumas novas alternativas para melhoria das práticas de ensino acaba tendo grande relevância, como podemos perceber neste trabalho com uso do fogão solar do tipo caixa, que é um equipamento construído com material de baixo custo ou alternativo e que pode trazer benefícios importantes na compreensão do estudo sobre propagação do calor.

Ao longo de uma proposta didática baseada na construção, experimentação e análise dos processos de propagação do calor por meio do funcionamento do fogão, procuramos meios eficazes para o entendimento da Física numa perspectiva voltada para o melhoramento das práticas de ensino. Nessa busca por melhores práticas de ensino, percebemos no curso técnico em meio ambiente do campus Sousa do IFPB, que o fogão solar do tipo caixa é um equipamento que poderia proporcionar melhores condições no ensino de propagação do calor por meio do docente de Física. Como o fogão pode ser montado de forma fácil, e como o mesmo tem uma alta interferência do Sol para funcionar, a escolha do mesmo para uma proposta didática de ensino é interessante.

A escolha pelo fogão solar nos fez pensar também na metodologia a ser usada neste processo, e para isso usamos os momentos pedagógicos de Delizoicov, onde o mesmo tem referência direta com nossa proposta, pois os mesmos lidam com a problematização e aplicação de conhecimento tratado nesta proposta. Segundo Ferrari (2008):

Os três momentos, portanto, foram originalmente propostos como desdobramento da Educação problematizadora aplicada à construção de um currículo de Educação científica. Atualmente, é utilizada na introdução de tópicos de Ciências já considerados significativos para os estudantes, independentemente de ter sido

realizada a investigação temática nos moldes propostos por Freire[...] (FERRARI, 2008, p. 10)

O uso dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e do fogão solar para o ensino de propagação do Calor, nos permitiu trabalhar usando um formato diferente para nossas aulas e como a proposta didática tinha como ênfase o uso de oficinas, todos os métodos e teorias utilizados se conectaram.

Nesse momento, o relato importante de todo o processo realizado é que a mudança de método de ensino ao aplicar as oficinas fortaleceu a proposta que se tornou interessante para os estudantes que para cada oficina tinham entusiasmo e interesse. Cada oficina se tornou um momento pedagógico importante e ao término destas, a satisfação no rosto de cada estudante era notória.

Ao término do trabalho, podemos ressaltar que todo o processo alcançou nossas expectativas e a abordagem de conteúdo científico na última oficina seguida da apresentação do gráfico de funcionamento dos fogões proporcionaram discussões interessantes entre docente e estudantes, que perceberam a potencialidade do equipamento construído por eles e ao mesmo tempo, puderam ver como cada processo de propagação do calor aconteceu.

Verificamos que este modelo de ensino é satisfatório para docentes que pretendem melhorar seu trabalho docente com estratégias novas. O simples fato de usar o fogão solar por este fazer parte do curso técnico em meio ambiente, não o faz incapaz de ser utilizado em uma sala de aula de uma escola de ensino regular. O fogão é apenas um canal de interação professor – estudante na busca de uma melhor aula sobre propagação do calor com a intervenção de equipamentos que podem ser de difícil acesso, porém, não impede que seja realizada a prática com este experimento. Dessa forma, podemos concluir que o trabalho foi de extrema importância para os docentes e de bom interesse por meio dos estudantes. Alcançamos todos os objetivos desejados contribuindo para uma avaliação positiva de todo o processo de ensino e de trabalho. A montagem, execução e manipulação das informações adquiridas por meio desta proposta didática permitiu aos estudantes e ao docente uma interação muito positiva. O ensino de propagação do calor acaba ganhando com essa proposta didática uma nova e interessante maneira de discutir tais fenômenos físicos. Diante do proposto, podemos ressaltar o que foi tratado em Santos, Piassi e Ferreira (2004),

A atividade de produzir um brinquedo ou um aparato experimental proporciona vivências artísticas criativas, o desenvolvimento de habilidades motoras e de raciocínio lógico, interação com o grupo, trazendo à tona uma série de habilidades,

atitudes e capacidades cognoscitivas que de outra forma não se fariam presentes. Tais aspectos, no processo de aprendizagem de ciências, são fundamentais. O caráter lúdico desempenha também um papel fundamental, por que envolve o aluno não somente no âmbito cognitivo, mas também no afetivo e no volitivo. O aprendizado de ciências se dá a partir de problemas relevantes para o estudante, com os quais ele deseja se envolver e que trazem para ele uma satisfação (SANTOS, PIASSI, FERREIRA, 2004, p. 09).

Finalizando a avaliação de toda a proposta, podemos ressaltar que o questionário teve um contexto meramente qualitativo, podendo em outros trabalhos que utilizem o fogão solar como instrumento de interação em sala de aula, a prerrogativa de conduzir todo o processo de avaliação da aprendizagem dos estudantes. Esta proposta didática alcançou de forma satisfatória os objetivos desejados e sem sombra de dúvidas pode ser melhorada, uma vez que neste momento o intuito de manipular um fogão solar de baixo custo por meio dos estudantes e utilizá-lo como ponte para o ensino de Propagação do Calor foi algo muito relevante. Contudo a proposta didática tem sua relevante importância para o ensino de Física e para o uso de laboratórios de baixo custo nas escolas de nosso país.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. **O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências**. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>>. Acesso em: 03 de Ago de 2018.

BARROS, Marina Valentim, **Uma proposta didática para o ensino de mecânica quântica nas licenciaturas: a rotação de Dirac**, 2011, 100f., Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, PUC, MG, Belo Horizonte, MG, 2011.

BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções**. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, campus de Bauru. *Ciênc. Educ*, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000300579&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 3 de Ago de 2018.

CARVALHO NETO, José Guimarães de; **Aspectos sócio-ambientais que envolve o uso do fogão solar**, Monografia do curso de Engenharia Ambiental; Universidade Tiradentes, UNIT, SE, Aracaju, SE, 2007.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (et. al...); **Ciências no ensino fundamental**, São Paulo, Editora Scipione, 2009. (Coleção Pensamento e ação na sala de aula).

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora do ensino de ciências na Educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné Bissau**. 1982. 227 f. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n3/1516-7313-ciedu-20-03-0617.pdf>>. Acesso em 10 de maio de 2018.

DOS SANTOS, Marco Aurélio, **Inventário das Emissões de gases de Efeito Estufa derivadas de Hidrelétricas**; Tese de Doutorado; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, RJ, 2000.

FERRARI, P. **Temas Contemporâneos na Formação Docente a Distância – Uma introdução à Teoria do Caos**. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis; 2008.

FONSECA, J.J.S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Fortaleza, CE, UEC, Apostila, 2002.

INCROPERA, Frank P. (et.al...); **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**; tradução e revisão técnica Eduardo Mach Queiroz, Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Rio de Janeiro – RJ, 6ª edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

LUIZ, Adir Moysés, **Energia Solar e preservação do Meio Ambiente**, 1ª edição, Editora Livraria da Física, São Paulo, SP, 2013.

MINAYO, Maria Cecília de Souza, **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade**, 18ª edição, editora Vozes, Petrópolis, RJ, 2001.

MORAES, Rodrigo Xavier, **Aulas de Física usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando a dinâmica das rotações**; 2010, 61f., Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, CEFET/RJ, Rio de Janeiro, RJ, 2010.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio, **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”**; Revista Ciência e Educação, vol. 20, número 3, Julho a Setembro, p. 617-638, Bauru, SP, 2014.

OLIVEIRA, Endell Menezes; PALHETA, Giovanni Sampaio; SEABRA, Lidia Brasil; **O Ensino de Ciências e Energias Renováveis: Proposta metodológica do forno solar**, Revista Ciência e Natura, vol. 39, núm. 1, Janeiro a Abril, 2017, p. 99-107. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2017.

PAULA, Leonardo Tavares de; **Ensino de Física por projetos: A Física do forno solar**; 2017, 60f., Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, UFMG, Juiz de fora, MG, 2017.

PIRES, Marcelo Antônio e VEIT, Eliane Ângela, **Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio**, Revista Brasileira de Física, V.28, n. 2, p 241 – 248, Colégio Anchieta, Porto Alegre, RS, 2006.

RAMOS FILHO, Ricardo Eugênio Barbosa; **Análise do desempenho de um fogão solar construído a partir de sucatas de antenas de tv**; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, RN, 2011.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C.; **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: Uma experiência em formação continuada**; In: ENCONTRO NACIONAL EM PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004; Jaboticatuba. Anais... Jaboticatuba: EPEF, 2004. P1-18. Jaboticatuba, MG, 2004.

SARMENTO, J. S.; **Construção e Análise de um forno solar como uma atividade prática não formal no ensino de Física**. 2015, 76f. (dissertação de mestrado em Ensino de ciências e matemática), UFCE, CE, 2015.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; **Física 2**, 2. Edição, Editora Saraiva, São Paulo, SP, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO



TURMA: TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE – SÉRIE: 2º ANO D

DISCIPLINA: FÍSICA – PROF. IVALDY JOSE

QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DO FOGÃO SOLAR

NOME COMPLETO: _____ **DATA:** ____/____/____.

REGRAS BÁSICAS: LEIA TODA A PROVA COM CALMA E ATENÇÃO!

Para cada resposta, pedimos que justifique para que possamos ter uma visão mais clara de nosso trabalho e de seu entendimento.

1. Você achou interessante a oficina?

() Sim () Não

Justifique:

2. Foi fácil?

() Sim () Não

Justifique:

3. Você conhecia o fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

4. É fácil de entender/fazer a montagem do fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

5. O material usado é de fácil aquisição?

() Sim () Não

Justifique:

6. O fogão poderia ser construído com outros materiais?

() Sim () Não

Justifique:

7. O uso do papelão nas paredes do fogão solar é compreensível?

() Sim () Não

Justifique:

8. Poderíamos usar outros materiais nas paredes do fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

9. O uso do vidro na tampa do fogão solar é compreensível?

() Sim () Não

Justifique:

10. Poderíamos usar outros materiais na tampa do fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

11. O uso dos espelhos nas paredes internas do fogão foi compreendido?

() Sim () Não

Justifique:

12. Poderíamos usar outros materiais nas paredes internas do fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

13. O uso do fundo do fogão solar em zinco foi compreendido?

() Sim () Não

Justifique:

14. Poderíamos usar outro material no fundo do fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

15. Foi compreendido o porquê de pintar o fundo do fogão solar de preto?

() Sim () Não

Justifique:

16. Ao observar o equipamento pronto, é possível entender o seu funcionamento?

() Sim () Não

Justifique:

17. O sol tem papel importante no funcionamento do fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

18. É possível aquecer/cozinhar alimentos nesse fogão?

() Sim () Não

Justifique:

19. Na sua região este equipamento funcionaria?

() Sim () Não

Justifique:

20. Ao longo da montagem do fogão teve alguma parte que foi trabalhosa de fazer?

() Sim () Não

Justifique:

21. Você teria alguma sugestão para a montagem do fogão solar?

() Sim () Não

Justifique:

22. É possível após esta oficina você montar outro fogão?

() Sim () Não

Justifique:

23. É possível utilizar o Sol para outros tipos de experimentos?

() Sim () Não

Justifique:

APÊNDICE B - CARTILHA DE MONTAGEM DO FOGÃO

CARTILHA DE MONTAGEM DE UM
FOGÃO SOLAR
DE BAIXO CUSTO



PROF. ORIENTADOR DR. MARCELO GOMES GERMANO
PROF. MSC. IVALDY JOSÉ NÓBREGA BARRETO

CARTILHA DE MONTAGEM DE UM
FOGÃO SOLAR
DE BAIXO CUSTO

AUTOR:

MESTRANDO: IVALDY JOSÉ NÓBREGA BARRETO

PROFESSOR ORIENTADOR:

DR. MARCELO GOMES GERMANO

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B273c Barreto, Ivaldy José Nóbrega.
Cartilha de montagem de um fogão solar de baixo custo
[manuscrito] / Ivaldy José Nóbrega Barreto. - 2018.
24 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de
Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba,
Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano ,
Departamento de Física - CCT."
1. Propagação de calor. 2. Ensino de física. 3.
Experimentos didáticos. 4. Fogão solar. I. Título
21. ed. CDD 536

APRESENTAÇÃO INICIAL

Do que se trata?	04
Material utilizado	05
Montagem	06
Como e onde trabalhar o fogão solar?	16
Sugestão de atividades	17
Referências	19

DO QUE SE TRATA?

Esta cartilha tem como principal objetivo, proporcionar condições de construção e manuseio de um fogão solar do tipo caixa de baixo custo, de modo didático para aulas sobre propagação do Calor.

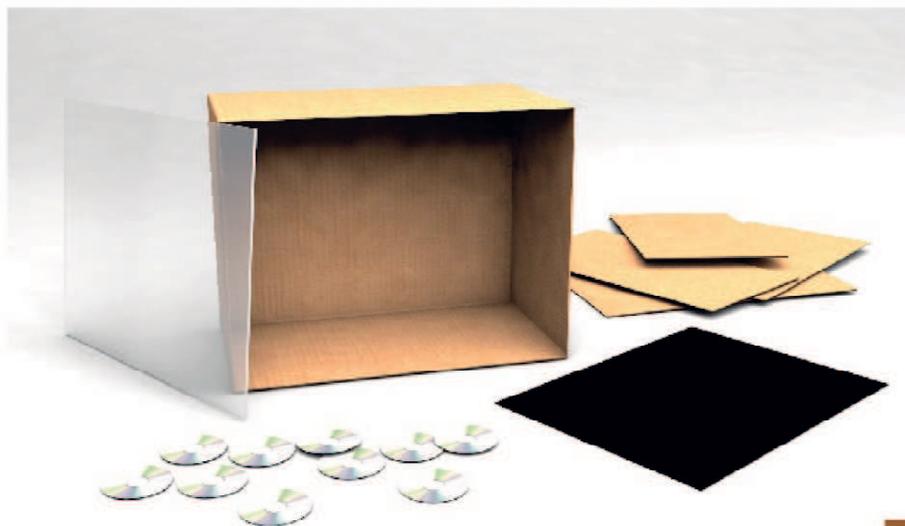
É um fogão fácil de construir e com funcionalidade real, pois o mesmo pode ser utilizado pela comunidade em geral para aquecer água sem problemas.

A principal intenção, é proporcionar uma prática docente diferente em prol da melhoria do Ensino de Física e da Aprendizagem por meio dos estudantes de ensino médio de nosso país.



MATERIAL UTILIZADO

- ◆ Caixas de papelão (nesta cartilha usamos caixa de leite ninho)
- ◆ Papelão avulso
- ◆ Cola super bonder/ou cola de isopor/ou cola quente
- ◆ Chapa de alumínio ou zinco
- ◆ Retalhos de espelho
- ◆ Cds velhos
- ◆ Papel alumínio
- ◆ Spray de tinta preto fosco
- ◆ Placa de vidro 3mm



MONTAGEM

PASSO 1. Isolando o fundo da caixa

A caixa utilizada é de leite, mas pode ser utilizada qualquer uma que permita ser revestida por camadas de papelão e por fim colocada outra caixa de menor dimensão.

Neste momento, apenas isolamos o fundo da caixa com fita para que favoreça a montagem e o isolamento térmico.



MONTAGEM

PASSO 2. Parede de isolamento 1

São utilizados pedaços de papelão para revestir as paredes internas do fogão.

Estes revestimentos funcionam como isolamento térmico.

É necessário que cada camada fique justaposta a caixa externa para haver um melhor rendimento no isolamento térmico.



MONTAGEM

PASSO 3. Parede de isolamento 2

Devemos utilizar, para as paredes internas, folhas de papelão menores do que as paredes de isolamento 1.

Reforçando que para se obter um melhor isolamento térmico, é necessário um corte ideal de modo que cada camada fique justaposta a caixa externa.



MONTAGEM

PASSO 4. Parede de isolamento 3

Continuando o processo de construção da parede, utilizamos uma caixa com as medidas menores do que as paredes de isolamento 2.

Lembrando sempre da justaposição entre as camadas internas da caixa com o intuito de se obter um melhor resultado no isolamento térmico.



MONTAGEM

PASSO 5. Parede de isolamento 4

Para a montagem das parede de isolamento 4, são utilizados pedaços de papelão que serão menores do que as folhas usadas na parede de isolamento 3 para revestir as paredes internas do fogão.

Lembrando que cada camada deve ficar encaixada de modo que haja o mínimo espaço possível entre elas.



MONTAGEM

PASSO 6. Parede de isolamento 5

Nesta última parede de isolamento, o corte das folhas de papelão serão menores de que as folhas usadas na parede de isolamento 4, buscando sempre um encaixe preciso entre elas para chegar a um melhor resultado do experimento.

Estas camadas justapostas funcionam como isolamento térmico.



MONTAGEM

PASSO 7. Montagem Caixa Interna

Neste momento, utilizamos uma caixa de papelão completa, mas com dimensões menores para que nela seja montada a parte interna do fogão solar.

Esta caixa receberá revestimento interno e uma superfície interna para melhor funcionamento.

Na borda superior devemos deixar a parede nivelada para colocação do vidro que funcionará como tampa do fogão. Caso seja necessário podemos passar uma lixa na borda superior.



MONTAGEM

PASSO 8. Montagem Caixa Interna

Para a montagem da caixa interna, os materiais utilizados podem ser de 3 tipos:

1. Papel alumínio
2. Cds velhos
3. Retalhos de espelho

Cada material desse é colocado com a ajuda de cola, e recomendamos o uso de cola super bonder.



MONTAGEM

PASSO 9. Montagem da superfície da caixa interna

Agora, é colocado papelão na superfície inferior da caixa menor servindo de calço para que a placa de metal fique o mais próximo possível das placas refletivas laterais.

São colocadas placas de metal (alumínio ou zinco) pintadas de preto fosco para favorecer o aquecimento por absorção de radiação.



MONTAGEM

PASSO 10. Aplicação do vidro "tampão"

Na aplicação do tampão para este projeto utilizamos um vidro que possui as dimensões proporcionais a caixa e com 3mm de espessura.

Este vidro tem a função de isolar termicamente a parte interna do fogão do meio ambiente externo, estimulando ali um Efeito Estufa provocado ou artificial.

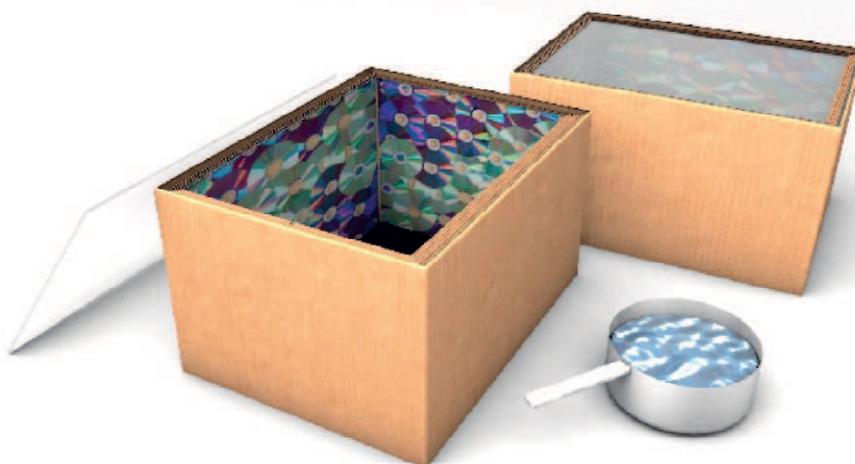


COMO E ONDE TRABALHAR O FOGÃO SOLAR?

O fogão solar é uma tecnologia social e ao mesmo tempo um experimento de física extremamente interessante.

O mesmo pode ser utilizado em qualquer sala de aula, pois não requer um laboratório de física para sua montagem, pelo simples fato de utilizar de materiais de fácil acesso e aquisição.

É importante lembrar que sua montagem simples favorece a interação em sala de aula e permite que os estudantes se relacionem entre si na perspectiva de uma interação escolar mais atrativa e significativa.



SUGESTÃO DE ATIVIDADES

Ação 1: Construir e experimentar o fogão solar no aquecimento de uma pequena quantidade de água.

Objetivos da atividade:

- ◆ Despertar o interesse pela construção coletiva do fogão solar;
- ◆ Proporcionar a verificação do seu funcionamento;
- ◆ Verificar o tempo gasto para aquecer água.



Procedimentos:

- ◆ A construção do fogão solar pode ser realizada em sala de aula com a aquisição dos materiais de montagem e a divisão de tarefas entre os alunos;
- ◆ O pátio da escola pode ser utilizado como local de experimentação do fogão solar, ao término do tempo de exposição solar é possível por meio de um termômetro simples verificar a temperatura da água;
- ◆ Ao término da experimentação, é possível em sala de aula tratar sobre propagação do calor durante o processo de aquecimento da água.



REFERÊNCIAS

CARVALHO NETO, José Guimarães de; **Aspectos sócio-ambientais que envolve o uso do fogão solar**, Monografia do curso de Engenharia Ambiental; Universidade Tiradentes, UNIT, SE, Aracaju, SE, 2007.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (et. al...); **Ciências no ensino fundamental**, São Paulo, Editora Scipione, 2009. (Coleção Pensamento e ação na sala de aula).

INCROPERA, Frank P. (et.al...); **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**; tradução e revisão técnica Eduardo Mach Queiroz, Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Rio de Janeiro – RJ, 6ª edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

SARMENTO, J. S.; **Construção e Análise de um forno solar como uma atividade prática não formal no ensino de Física**. 2015, 76f. (dissertação de mestrado em Ensino de ciências e matemática), UFCE, CE, 2015.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; **Física 2**, 2. Edição, Editora Saraiva, São Paulo, SP, 2013.





