

ETEC GUARACY SILVEIRA
TÉCNICO EM ELETROELETRÔNICA

Carlos Eduardo dos Santos Silva

Cristiano Silva Ferreira

Kaic Schramm de Carmago

Valdan Conceição França

RECICLAGEM UPCYCLING
DE GARRAFAS
COM CORTE ELÉTRICO

São Paulo

2025

Carlos Eduardo dos Santos Silva

Cristiano Silva Ferreira

Kaic Schramm de Carmago

Valdan Conceição França

RECICLAGEM UPCYCLING
DE GARRAFAS
COM CORTE ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Técnico em Eletroeletrônica da ETEC Guaracy Silveira, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Eletroeletrônica.

Orientador(a) Prof. Eduardo Diniz

São Paulo

2025

Carlos Eduardo dos Santos Silva

Cristiano Silva Ferreira

Kaic Schramm de Carmago

Valdan Conceição França

RECICLAGEM UPCYCLING

DE GARRAFAS

COM CORTE ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Técnico em Eletroeletrônica pela ETEC Guaracy Silveira.

Data da Aprovação: 09 / 12 / 2025

Prof(a). Dr(a).

ETEC Guaracy Silveira

Prof(a). Dr(a).

ETEC Guaracy Silveira

Prof(a). Dr(a).

ETEC Guaracy Silveira

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de mostra nossa profunda gratidão, em primeiro lugar, aos nossos orientadores, Eduardo Diniz e Luis por sua paciência, dedicação e conselhos valiosos que nos ajudaram a navegar ao longo de todo este trabalho. Não teríamos conseguido percorrer esta pesquisa sem a valorosa orientação, experiência e dedicação de ambos.

Agradecemos à nossa família pelo apoio emocional contínuo e palavras de incentivo durante esta jornada acadêmica. Obrigado também aos nossos amigos e colegas do curso, que forneceram fontes primárias valiosas para provas de teste experimental realizadas e contribuíram com discussões críticas. Também agradecemos a Etec Guaracy Silveira e ao corpo docente por fornecerem o ambiente e as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de nossa compreensão e pensamento crítico.

"Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma."

Antoine-Laurent de Lavoisier

RESUMO

O crescente volume de resíduos sólidos urbanos, aliado aos baixos índices de reciclagem industrial do vidro no Brasil, impõe a necessidade de buscar alternativas sustentáveis para o reaproveitamento deste material. Este trabalho investiga a viabilidade técnica de um método de upcycling para a manufatura de copos, lustres, luminárias e outros utensílios artesanais a partir de garrafas de vidro descartadas. O objetivo geral foi desenvolver e validar um aparato de baixo custo, seguro e replicável, que utiliza uma resistência elétrica como ferramenta de corte por choque térmico. A metodologia envolveu o projeto e a construção de um protótipo com materiais acessíveis, como MDF, gesso e uma resistência elétrica. Foram realizados testes experimentais para otimizar os parâmetros do processo, como o posicionamento da garrafa e o tempo de aquecimento, seguidos de uma etapa de acabamento por lixamento para garantir a segurança e a qualidade estética do produto final. Os resultados demonstraram que a técnica é altamente eficaz, produzindo cortes limpos e precisos em um tempo médio de poucos segundos. O método se mostrou economicamente vantajoso, seguro quando operado com as devidas precauções, e capaz de gerar produtos com bom acabamento, agregando valor a um material que seria descartado. Conclui-se que o corte de garrafas com fio elétrico resistivo é uma solução viável e acessível para o artesanato sustentável, promovendo a geração de renda, a educação ambiental e a redução do impacto ambiental do descarte de vidro.

Palavras-chave: Reaproveitamento de Vidro; Upcycling; Resistência Elétrica; Artesanato Sustentável; Corte de Garrafas.

ABSTRACT

The growing volume of urban solid waste, combined with low rates of industrial glass recycling in Brazil, necessitates the search for sustainable alternatives for reusing this material. This work investigates the technical feasibility of an upcycling method for manufacturing handmade cups from discarded glass bottles. The general objective was to develop and validate a low-cost, safe, and replicable apparatus that uses an electric shower heating element as a thermal shock cutting tool. The methodology involved the design and construction of a prototype with accessible materials, such as MDF, plaster, and a reused electrical resistor. Experimental tests were conducted to optimize process parameters, such as bottle positioning and heating time, followed by a finishing stage of sanding to ensure the safety and aesthetic quality of the final product. The results demonstrated that the technique is highly effective, producing clean and precise cuts in an average time of a few seconds. The method proved to be economically advantageous, safe when operated with due precautions, and capable of generating well-finished products, adding value to a material that would otherwise be discarded. It is concluded that cutting bottles with a shower heating element is a viable and accessible solution for sustainable craftsmanship, promoting income generation, environmental education, and reducing the environmental impact of glass disposal.

Keywords: Glass Reuse; Upcycling; Electric Resistor; Sustainable Craftsmanship; Bottle Cutting.

SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO
- 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
 - 2.1 O Vidro como Resíduo Sólido Urbano
 - 2.2 A Física do Corte por Choque Térmico
 - 2.3 Métodos de Corte Artesanal de Vidro: Uma Revisão
- 3 METODOLOGIA E CONSTRUÇÃO DO APARATO
 - 3.1 Materiais e Ferramentas
 - 3.2 Projeto e Montagem do Protótipo
 - 3.3 Procedimento Experimental de Corte e Acabamento
- 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO
 - 4.1 Análise da Eficiência do Processo de Corte
 - 4.2 Discussão das Vantagens, Limitações e Otimizações
 - 4.3 Análise da Qualidade e Segurança do Produto Final
- 5 ALGUMAS CUSTOMIZAÇÕES POSSÍVEIS
- 6 ALGUMAS PARTES INTEGRANTES DO PROJETO
- 7 APÊNDICE A – Roteiro de testes de segurança elétrica do aparato
- 8 ANEXO A – Dados estatísticos sobre a coleta seletiva de vidro
- 9 CONCLUSÃO
- 10 REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de detritos sólidos urbanos é um problema que aflige a sociedade contemporânea. Entre os materiais mais problemáticos, o vidro se destaca, devido a sua composição inerte e o longo tempo de decomposição natural, calculado em milênios. No Brasil, mesmo que o vidro seja totalmente reciclável, a taxa de reutilização industrial ainda precisa melhorar bastante. Dados da Associação Brasileira das Indústrias de Vidro, Abividro, mostram que apenas uns “25,1%” do vidro de embalagens é reciclado, o que revela dificuldades logísticas, o altíssimo custo energético na fusão, e a falta de sistemas eficientes de coleta seletiva em várias prefeituras. Essa situação acarreta o amontoamento de toneladas de garrafas em aterros, desperdiçando matéria-prima e sobrecarregando o ecossistema. Diante dessa realidade complexa, o upcycling—que converte resíduos em novos materiais, com maior valor, uso ou qualidade—surge como uma alternativa promissora. Diferente da reciclagem industrial, o upcycling frequentemente usa processos menores, com menos uso de energia e com grande potencial criativo.

Transformar garrafas de vidro em copos, luminárias e outros itens decorativos e de uso doméstico é tipo uma prática de upcycling que tá crescendo, impulsionada por hobby e geração de renda, em perfeita harmonia com a economia circular e o movimento maker. Mas, a chance desses projetos artesanais darem certo depende totalmente de métodos de corte fáceis seguros e capazes de um acabamento muito bom. Técnicas comuns tipo barbante e álcool escondem perigos e não são muito precisas. Nesse contexto, usar uma resistência elétrica pra fazer o corte por choque térmico aparece como solução esperta e barata. A dúvida principal desta pesquisa é: Como bolá um jeito simples, seguro e que dá para repetir de cortar garrafas de vidro, para fazer copos e coisas úteis, usando peças elétricas? O objetivo maior desse estudo é fazer e testar um equipamento prático para cortar garrafas de vidro, com base numa resistência elétrica. Para chegar lá, foram definidos esses objetivos específicos.

- Criar e construir um protótipo do cortador, com materiais reciclados e baratos.
- Testar e otimizar os parâmetros de corte, tipo tempo de aquecimento, voltagem, e tipo da resistência, adequando-se a garrafas variadas.
- Avaliar a qualidade e precisão do corte, e a segurança no acabamento final, como lixamento, para os produtos como copos.

O estudo está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 2 apresentara a base teórica, tratando vidro como lixo, física do corte térmico e comparação com outras técnicas artesanais. O Capítulo 3 explica a metodologia, com materiais e o processo de montagem do cortador, e a execução dos testes. O Capítulo 4 apresenta e discute os resultados obtidos, avaliando a eficiência do método e a qualidade dos produtos produzidos. No fim, o Capítulo 5 traz a conclusão do estudo, resumindo as descobertas, falando em suas limitações, e sugerindo pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Vidro como Resíduo Sólido Urbano

O vidro, um material cerâmico sem estrutura cristalina, cria-se quando um líquido com muito sílica (SiO_2) arrefece, impedindo os seus elementos de cristalizarem. O vidro sódio-cálcico, bem este é o tipo de vidro que a gente mais usa em embalagens, tipo garrafas e frascos. Basicamente ele é feito de areia (sílica), barrilha (carbonato de sódio, Na_2CO_3) e calcário (carbonato de cálcio, CaCO_3), né? Usado na indústria de comida e bebida por ser inerte quimicamente, bloquear líquidos e gases, e ser translúcido. (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

Apesar do material ser 100% reciclável e seu processo poder ser repetido infinitamente sem perda de qualidade, o gerenciamento do vidro como resíduo sólido tem seus próprios problemas. Em primeiro lugar, é uma duração bastante longa na natureza – na natureza uma garrafa de vidro se degradará durante mais de 4000 anos. Em segundo lugar, é um processo industrial intensivo em energia. Para reciclar o vidro, ele deve ser coletado, classificado por cor, triturado para se transformar em cacos e depois fundido a mais de 1500 °C. O uso de cacos reduz significativamente o custo energético se comparado com a fonte inicial de matérias-primas, no entanto, os custos associados com a logística e transporte desses materiais para a reciclagem pode ser ainda mais alto, desincentivando a reciclagem, especialmente em áreas distantes dos principais clusters industriais. (CEMPRE, 2022).

2.2 A Física do Corte por Choque Térmico

O presente método de corte é baseado no fenômeno do choque térmico, tecnicamente conhecido como efeito joule. A maioria dos materiais se expande quando aquecidos e se contraem quando resfriados. No entanto, o vidro é um

condutor ruim de calor. Portanto, quando uma intensa fonte de calor local é aplicada a apenas uma linha fina na superfície do vidro da garrafa, como aquecer um fio de resistência elétrica, apenas essa pequena região se expande rápida e completamente. Todo o resto do material frio restringe essa expansão e cria tensão de compressão. Além disso, gera tensões de tração no material adjacente frio. (SHACKELFORD, 2015).

A delicadeza do vidro, embora robusto sob compressão, cede à tração, tornando-o suscetível à quebra. O calor cria uma região de estresse térmico. Essa linha impulsiona e guia a rachadura inicial. A tensão gerada, pelo gradiente térmico entre a zona quente e o resto do vaso, muitas vezes causa a ruptura. Resfriamento súbito, com água ou pano molhado, intensifica a ação, provocando contração brusca e amplificando a tensão, quebrando com mais clareza. Qualquer imperfeição superficial, tipo um risco de ferramenta, concentra a tensão, garantindo o início e a propagação da falha, gerando um corte definido.

2.3 Métodos de Corte Artesanal de Vidro: Uma Revisão

A técnica da resistência elétrica não é a única opção em vez de cortar garrafas à mão. Comparar ela com outras modas é essencial para entender seus prós e contras, claro.

O corte com barbante e álcool exige enrolar um barbante encharcado em álcool, ou outro líquido que pega fogo, na linha de corte escolhida. Depois de acender e esquentar por um tempinho, a garrafa precisa ser jogada em água gelada. Embora barata, tem riscos sérios devido ao fogo e aos materiais inflamáveis, cuidado! A precisão é ruim, pois o calor se espalha de forma diferente, muitas vezes quebrando ou estilhaçando tudo.

Cortadores manuais de vídea ou diamante são ferramentas com uma rodinha pequenina feita de um material muito duro como carboneto de tungstênio, ou diamante falso, usado para riscar o vidro. Em seguida, a separação acontece com choque térmico, usando água quente e fria, ou com força mecânica, certo.

Esse método entrega uma precisão alta, mas exige jeito, precisa manter a pressão sempre firme, constante durante o corte.

A ferramenta custa mais que o método do barbante, apesar disso, ainda é baratinho.

Cortadores Comerciais: No mercado tem várias máquinas criadas para cortar garrafas. Geralmente elas tem um suporte para segurar a garrafa, e uma lâmina para riscar ela retinha, certinha. São as opções mais seguras, precisas e fáceis

de usar, só que custam mais, as vezes, pode ser um problema para quem tá começando ou para projetos de educação ambiental, com pouco dinheiro.

O método da resistência elétrica, que é o foco deste estudo, parece ser um bom meio termo. Quase não custa nada, principalmente se usar coisas que já tem em casa. É mais seguro que usar fogo, só precisa ter cuidado com a eletricidade..

3 METODOLOGIA E CONSTRUÇÃO DO APARATO

A metodologia adotada neste trabalho possui um caráter experimental e de engenharia de produto, focada no desenvolvimento de um protótipo funcional. As etapas foram divididas em seleção de materiais, projeto e montagem do aparato, e a execução dos procedimentos de teste para corte e acabamento.

3.1 Materiais e Ferramentas

A seleção dos componentes priorizou economia, fácil acesso, e reaproveitamento. Logo após, a lista dos materiais e instrumentos usados na criação do protótipo é detalhada.

- A resistência elétrica, é o componente principal. Foi escolhida uma resistência de + ou - 40 cm. Ela converte energia elétrica em calor, especificamente.
- O cabo elétrico foi feito de fio de cobre de 6 mm², que leva a corrente sem esquentar muito.
- Conector de porcelana, esse conector serve pra conectar com segurança os fios da rede ou transformador aos bornes da resistência.
- Vareta de bambu de 6 mm, ela segurou a resistência dando forma espiralada, ficou estável. O bambu foi bom, isola eletricamente e termicamente e não custa caro.
- Base de MDF, uma placa de MDF, 30x20 cm, virou a base de apoio pro sistema.

A escolha foi certinha, por conta da estabilidade dimensional, custos baixos, e por ser isolante elétrico.

O gesso foi a pedida na hora de criar os suportes pra firmar a resistência na base. A escolha do gesso veio de sua habilidade de isolar o calor, e ele se molda em vários jeitos, além de aguentar bem o calor que sai.

As ferramentas foram alicate, para cortar e tirar a capa dos fios, furadeira (se quiser) pra apertar as peças, e lixas d'água (grãos 100, 220 e 400) pra dar um jeito nas pontas do vidro.

A fonte, um transformador de tensão, foi usado para deixar a voltagem da rede (127V/220V) numa boa, tipo seguro, para não dar problema pro aquecimento da resistência, mandando segurança para tudo.

Um dispositivo pode ser construído seguindo um plano simples e eficiente, e é isso que as etapas se propõem a demonstrar. A montagem do dispositivo gerou um relato técnico que descreve o método utilizado e busca possibilitar a sua reprodução.

Para a produção do dispositivo, a resistência foi enrolada em espiral ao redor de um tubo de bambu, e o dispositivo utilizou o gabarito que foi construído em tamanho adequado para que o diâmetro interno da espiral das garrafas fossem justamente cortadas. As extremidades da resistência foram mantidas estendidas para que a ligação elétrica se facilitasse.

Neste sentido, depois da secagem, o gesso cortado e o dispositivo de gesso fixou de modo a criar uma espiral e base de MDF de 2 suportes. O gesso e suportes que foram feitos para o dispositivo eram com uma base única e estrutura para suportar o calor.

3.2 Procedimento Experimental de Corte e Acabamento

O foco da rotina experimental estava em avaliar a funcionalidade do equipamento e aperfeiçoar o método de corte. Por isso, dividiu-se o procedimento em três ações: preparo, corte e acabamento.

Preparo: Antes do aquecimento, todas as garrafas de vidro foram riscadas à mão, em uma linha da circunferência onde o corte deveria ser realizado. Para isso, um riscador de vidro foi usado, que é simples, mas realiza uma linha guia. Esta etapa é muito importante, pois a microfissura que foi deixada por riscar o vidro atuará como um acumulador de tensão e irá direcionar o corte após aquecimento.

Corte: A garrafa que havia sido riscada foi posicionada no equipamento de forma que a linha do risco ficasse alinhada à espiral da resistência. A parte elétrica do sistema foi ligada e a garrafa era girada manualmente de forma lenta e uniforme,

de modo que toda a linha do risco que foi desenhada na garrafa aquecesse em um só sentido a resistência incandescente. Depois de um tempo, o estresse térmico foi o suficiente para contornar a linha do riscado e partes da garrafa foram separadas.

Acabamento: Quando o corte é feito em vidro, as bordas ficam com microfissuras, arestas afiadas e sujas, e é com isso que o objeto não pode ser utilizado. Para recuperar isso, foi preciso, primeiramente, manualmente, lixar. Para isso, foram usadas lixas de grão médio a grosso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fase experimental permitiu a coleta de dados qualitativos e quantitativos sobre a eficiência do método, suas vantagens e limitações, bem como a qualidade do produto final. Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos.

4.1 Análise da Eficiência do Processo de Corte

Os testes feitos com o protótipo conseguiram resultados muito positivos. Para os modelos de garrafa de cerveja padrão (vidros âmbar e verde, com paredes de 2-3 mm de espessura) o corte foi sempre preciso e limpo. O tempo de aquecimento necessário para induzir a fratura, a partir do momento que a resistência estava em incandescência e com rotação manual constante da garrafa, foi de 8 a 12 segundos em média.

O sucesso foi atribuído à etapa de riscar a garrafa previamente. Em testes feitos sem o risco guiar a fratura, esta foi mais errática, às vezes avançando ou retrocedendo a linha de aquecimento, resultando em cortes irregulares e inutilizáveis. Isso demonstra que o risco realmente atua como um concentrador de tensão para a precisão do corte, o que a torna indispensável.

Os testes com garrafas de vinho que possuem vidro mais espesso (3-5 mm) apresentaram resultados igualmente positivos. O tempo de aquecimento foi maior, de 15 a 25 segundos, e a qualidade do corte ainda se manteve alta. Porém, um aquecimento que se prolongasse excessivamente era contraproducente, pois tenderia a provocar microtrincas adjacentes à linha de corte que exigiriam o lixamento.

4.2 Discussão das Vantagens, Limitações e Otimizações

A economia é um baita benefício oriundo da edificação deste engenho. A montagem por sua vez custou quase nada, só sucata e materiais baratinhos. A precisão do corte se mostrou muito melhor que outros métodos, tipo barbante com álcool, chegando quase perto da qualidade de cortadores profissionais, mas com jeito e técnica que se aprende com a prática.

Essa parada de "quebra de copos" falada ali pode ser culpa de problemas na operação. Os testes mostraram que os erros acontecem mais por causa de: (1) esquentar a garrafa mal, tipo uns lugares não rodavam direito, (2) falta de riscar onde cortar, e (3) o aquecimento fora do risco. Tudo isso faz um monte de rachaduras, tudo torto e sem ordem.

Em relação ao assunto, examinou-se a opção de usar arame galvanizado, pois ele funciona bem, aquecendo com uma corrente elétrica maior, como de uma bateria de carro ou fonte de solda. Dessa forma, o projeto idealizado aproveita um design que espalha calor melhor (efeito Joule) e esquentar rapidinho, em tensões seguras, usando um transformador correto. O arame galvanizado, como noutros usos, vai precisar de mais corrente, o que pode aumentar o perigo na fonte de energia, pois não é tão resistente. Além disso, no protótipo, a fixação com gesso parece restrita, pois, embora funcione, ajustar a altura para diferentes frascos não é prático, exigindo um novo suporte para cada tamanho. Uma melhoria futura, mais proveitosa, incluiria parafusos e trilhos deslizantes, melhorando o suporte.

4.3 Análise da Qualidade e Segurança do Produto Final

A apreciação dos copos finalizados foi bastante positiva, sim. O lixamento sequencial com lixas d'água 100 220 e 400 provou ser essencial. A lixa de grão 100 removeu arestas vivas e lasquinhas, eficazmente. As lixas 220 e 400 deram um acabamento lisinho e macio à beira.

Em suma, a borda do copo surgiu arredondada e suave, sem nenhuma aspereza notável. Testes de uso repetido confirmaram a segurança e a resistência do produto. A estética artesanal, com a beira polida e corpo original, dá um belo valor ao item. Dá para ver o potencial de gerar grana através do artesanato sustentável, hein?.

5 ALGUMAS CUSTOMIZAÇÕES POSSÍVEIS



Imagem meramente ilustrativa.

Todos os direitos de imagem são reservados:

<https://br.pinterest.com/pin/313070611596534953/>



Imagem meramente ilustrativa.

Todos os direitos de imagem são reservados:

<https://br.pinterest.com/pin/3729612237624059/>

Exemplo de uma luminária de parede customizada, perfeita para a decoração de pubs e bares.

6 ALGUMAS PARTES INTEGRANTES DO PROJETO



FIGURA 1
MOTOR DC 12 VOLTS

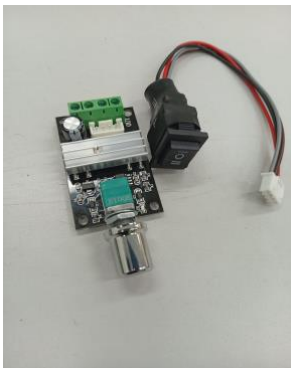


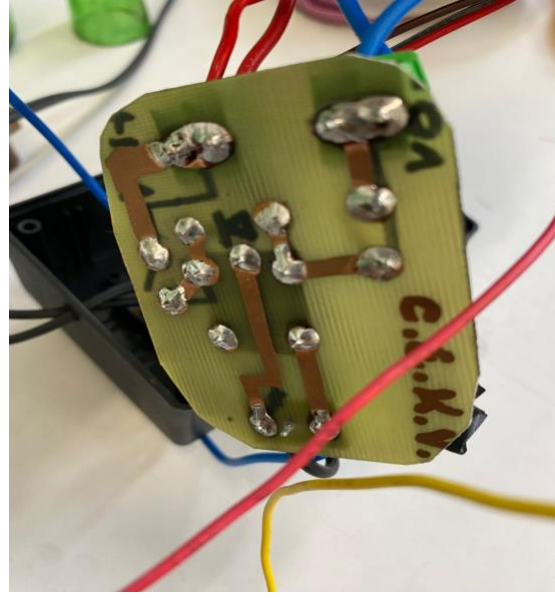
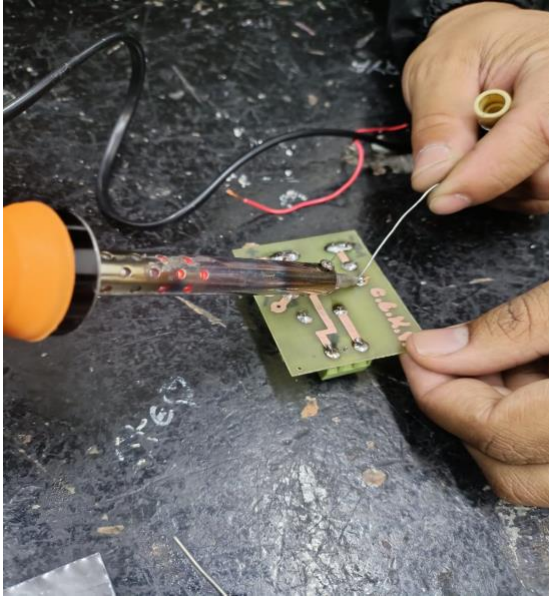
FIGURA 2
PLACA PWM
PARA CONTROLE DE VELOCIDADE
DO MOTOR

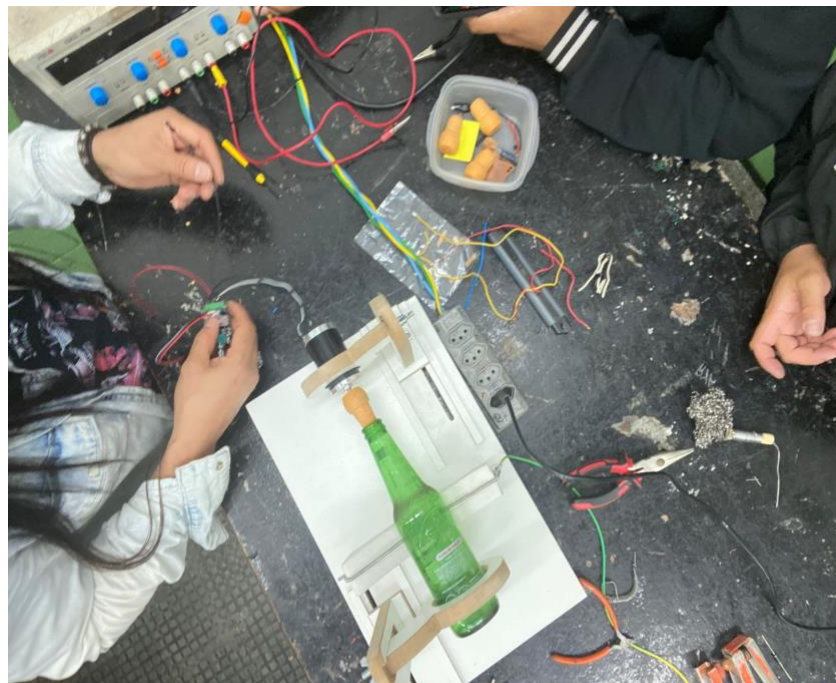


FIGURA 3
BOTÃO LIGA-DESLIGA DA
RESISTÊNCIA



FIGURA 4
BATERIA 12 VOLTS





7 APÊNDICE A – Roteiro de testes de segurança elétrica do aparato

Objetivo: Verificar a segurança da montagem elétrica do protótipo de corte de garrafas antes de sua operação.

Equipamento Necessário: Multímetro com função de teste de continuidade e medição de tensão.

Procedimento:

1. Inspeção Visual (Circuito Desenergizado):

- Verificar se todos os fios estão devidamente encapados e sem danos no isolamento.
- Confirmar se as conexões no conector de porcelana estão firmes e sem fios expostos.
- Assegurar que não há contato físico entre a resistência ou os fios e a base de MDF ou qualquer outra parte do aparato que não seja o suporte de gesso.

2. Teste de Continuidade (Circuito Desenergizado):

- Utilizar o multímetro no modo de teste de continuidade (bip sonoro).
- Testar a continuidade entre as duas extremidades da resistência para garantir que não está rompida.
- Verificar a ausência de continuidade (circuito aberto) entre cada um dos terminais elétricos e qualquer parte metálica ou úmida próxima, para garantir que não há fuga de corrente.

3. Teste de Tensão (Circuito Energizado - com cautela):

- Conectar o aparato ao transformador e o transformador à rede elétrica.
- Com o multímetro em modo de medição de tensão alternada (ACV), medir a tensão nos terminais do conector de porcelana para confirmar que corresponde à tensão de saída esperada do transformador.
- Ligar o aparato por 2-3 segundos e observar se há aquecimento anormal nos fios ou no conector. Desligar imediatamente se houver qualquer sinal de fumaça ou cheiro de queimado.

Critério de Aprovação: O aparato só será considerado seguro para operação se passar em todos os testes acima, sem apresentar falhas de isolamento, conexões frouxas ou superaquecimento dos componentes de ligação.

8 ANEXO A – Dados Consolidados sobre Geração e

Reciclagem de Resíduos Sólidos no Brasil

É importante ressaltar que as informações a seguir foram compiladas a partir de comunicados oficiais das associações do setor e do governo, abrangendo os anos-base mais recentes disponíveis, especialmente 2022 e 2023.

Principais Fontes, a saber:

1. ABREMA (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente): Visão geral dos resíduos sólidos no Brasil em 2023, utilizando dados de 2022.
2. SINIR / Circula Vidro: Relatório de Resultados 2024, referente ao ano de 2023.
3. ABRALATAS (Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio): Relatório Setorial ESG 2024, com informações relativas ao ano de 2023.
4. Ibá (Indústria Brasileira de Árvores): Relatório Ibá 2024, fundamentado em dados de 2023.

Tabela 1 – Comparativo de Índices de Reciclagem de Materiais no Brasil

Tipo de Material	Geração / Consumo (toneladas/ano)	Índice de Reciclagem / Recuperação (%)	Fonte Específica (Ano-base)
Alumínio (Latas)	~391.500 (tons recicladas) ¹	100%	ABRALATAS (2023)
Papel (p/ Embalagens)	~8.100.000 (consumo)	70,9%	Ibá (2023)
Vidro (Embalagens)	887.697 (colocadas no mercado)	25,0%	SINIR / Circula Vidro (2023)
Total RSU (Geral)	~81.800.000 (geração total)	~4% (Índice de Reciclagem Nacional) ²	ABREMA (2022)
Tipo de Material	Geração / Consumo (toneladas/ano)	Índice de Reciclagem / Recuperação (%)	Fonte Específica (Ano-base)

Notas de Rodapé da Tabela: ¹ O dado da ABRALATAS informa a reciclagem de 100% das 391,5 mil toneladas de latas de alumínio para bebidas disponibilizadas no mercado. ² O índice de 4% da ABREMA refere-se à média nacional de todo tipo de resíduo que passa pela coleta seletiva formal, o que explica a disparidade com os índices setoriais (que incluem a coleta por catadores e logística reversa industrial).

9 CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão do curso aspirou criar e validar um método econômico, para o corte de garrafas de vidro. A intenção era, convertê-las em cálices artesanais através de um processo de upcycling. A análise dos resultados, permite deduzir que as metas foram totalmente alcançadas.

O objetivo maior, de desenvolver um equipamento funcional, materializou-se com a construção de um protótipo produtivo, usando um fio resistivo e materiais de fácil acesso. As metas secundárias, foram também cumpridas: o aparelho foi projetado e construído com sucesso; os parâmetros do processo, foram testados, evidenciando a importância do aquecimento uniforme para um corte preciso; a avaliação do produto final, revelou que o lixamento garante um acabamento seguro e de qualidade superior, viabilizando o uso dos cálices para uso pessoal, doméstico, além de luminárias decorativas e coisas mais que a criatividade possa permitir.

A síntese dos resultados confirma que o método da resistência é uma solução técnica e economicamente viável para reaproveitar recipientes de vidro. Essa técnica se destaca por ser barata, com muita precisão – se usada direito – e segura, com os cuidados elétricos necessários; assim, ela é melhor que outros métodos manuais e perigosos, tipo usar barbante e álcool. O estudo mostrou que é possível agregar valor e função a um resíduo de reciclagem chique, estimulando a criatividade e a responsabilidade com o meio ambiente, podendo gerar uma ótima fonte de renda. Apesar das coisas que não foram investigadas, o estudo focou em garrafas de cerveja e vinho com a grossura normal, sem testar vidros mais grossos ou formas não cilíndricas, tipo recipientes quadrados. Além disso, a durabilidade do produto final foi avaliada de forma qualitativa, sem testes mecânicos para medir a força da borda depois do processo.

Em projetos futuros de engenharia, melhorias podem surgir no desenvolvimento do equipamento. Um sistema de suporte com tamanhos ajustáveis faria o dispositivo mais flexível, Numa pesquisa futura, usar um pequeno propulsor com engrenagens para rotacionar o recipiente durante o aquecimento daria um aquecimento totalmente uniforme, e melhoraria a reprodutibilidade. Demais, usar várias resistências elétricas e fontes de energia, otimizará bastante o balanço entre tempo de corte, gasto energético, e qualidade da divisão.

10 REFERÊNCIAS

ABRALATAS (Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio). Relatório Setorial ESG 2024. Brasília: ABRALATAS, 2024. (Ano-base 2023). Disponível em: https://abralatas.org.br/wp-content/uploads/2024/11/RELATORIO_ESG_ABRALATAS_2024_compressed.pdf. Acesso em: 5 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. São Paulo: ABREMA, 2024. (Ano-base 2022). Disponível em: https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf. Acesso em: 15 jul. 2025.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Acesso em: 27 Fev. 2025.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (Ibá). Relatório Ibá 2024. São Paulo: Ibá, 2024. (Ano-base 2023). Disponível em: <https://iba.org/data/files/c4/8c/6b/af/3e32a810f2240b79a8a809a8/iba-relatorio-2024-pt.pdf>. Acesso em: 25 Jan. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: MMA, 2022. Acesso em: 20 Agos. 2025.

SHACKELFORD, James F. Introdução à Ciência dos Materiais para Engenheiros. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2015. Acesso em: 20 Jan. 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR). Logística Reversa: Embalagens de Vidro - Relatório de Resultados 2024. Brasília: SINIR; Circula Vidro, 2024. (Ano-base 2023). Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2025/03/Relatorio-LR-vidro.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

VAN DER VOORT, George F. (Ed.). ASM Handbook, Volume 12: Fractography. Materials Park, OH: ASM International, 1987. Acesso em: 20 Agos. 2025.