

REUTILIZAÇÃO DE PEÇAS E COMPONENTES ELETRÔNICOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA FONTE DE ENERGIA PARA PROCESSO DE SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO

**VALDIR DE OLIVEIRA¹
JOÃO PAULO VENDRAME²**

Resumo

Com o crescimento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo, o tema deste trabalho trata da construção de uma fonte de energia para processo de soldagem com eletrodo revestido, a partir de peças e componentes reutilizados dos equipamentos eletrônicos obsoletos rejeitados pela população, como forma de contribuir na redução dos problemas causados à população e ao meio ambiente devido ao lixo eletrônico descartado de forma incorreta. A metodologia utilizada foi através do processo reverso, por meio da reciclagem, separação, desmontagem dos equipamentos, retirada dos componentes e peças e análise para verificação de sua eficiência. Quanto a viabilidade deste projeto requer estudos mais detalhado relacionado às dimensões dos transformadores utilizado, controle de temperatura e de corrente. Com um ciclo base de trabalho de 4 minutos percebe-se um aquecimento excessivo nos enrolamentos primário, mesmo tendo uma refrigeração forçada por 2 ventiladores fazendo com que aja uma

¹ Discente - Tecnólogo em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia do SENAI Londrina. E-mail: valartcomunicacao@gmail.com.

² Docente – Especialista em Engenharia em Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual de Londrina. Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. E-mail: joao.vendrume@pr.senai.br.

redução na eficiência do protótipo. Por outro lado, devido a facilidade de acesso a esses componentes eletrônicos, abre-se o caminho para novas pesquisas quanto a sua reutilização, que contribuirão desta forma para a preservação do meio ambiente, bem como a redução na extração dos recursos naturais, os quais estão cada vez mais escassos.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Fonte de Energia para Soldagem. Engenharia Reversa.

1 INTRODUÇÃO

O lixo urbano no Brasil, também conhecido como Resíduo Sólido Urbano (RSU), tem se tornado um grande problema para a população e para o meio ambiente. Na tentativa de minimizar tal problema, várias organizações ligadas aos órgãos de proteção e preservação do meio ambiente, têm direcionado um esforço significativo para a criação de leis e legislações específicas para o correto destino destes resíduos. Com o objetivo de reduzir danos causados à saúde da população e ao meio ambiente, foi aprovada no Brasil em dezembro/2010, normas para reduzir, reutilizar, reciclar e dar tratamento adequado para os resíduos sólidos: a lei Federal nº 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduo Sólido (PNRS) e altera a Lei nº 9.605/1998 (GUARNIERI, 2011).

Segundo o relatório da Associação Brasileira de Limpeza Pública de Resíduos Especiais - ABRELPE (ABRELPE, 2015, p. 28), em 2014, a geração total de resíduos sólidos no Brasil foi de aproximadamente 78,6

milhões de toneladas, contra 76,3 milhões de toneladas em 2013, o que representa um aumento de 3,0% entre este período. As organizações não governamentais (ONGs) de reciclagens atuantes nas cidades brasileiras não têm a capacidade de coletar, reciclar e dar o destino ambientalmente correto a todo este resíduo descartado pela população, que aumenta a cada ano.

São também considerados resíduos sólidos os chamados lixos eletrônicos, denominados como Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Segundo Yamane (2012, p. 1) “são equipamentos danificados, obsoletos ou que tenha chegado ao fim de sua vida útil, podendo ser citados computadores, celulares, eletrodomésticos, televisores e também parte desses equipamentos, como placas de circuito impresso”.

De acordo com Spitzcovsky (2013), o Brasil é entre os países emergentes, que produz o maior volume de lixo eletrônico por pessoa a cada ano. Segundo a autora, foi constatado pela Organização das Nações Unidas (ONU) que o crescimento econômico dos países emergentes levou a um maior consumo doméstico, com uma classe média cada vez mais forte e estabilidade econômica para garantir empréstimos para a compra de eletroeletrônicos. Contudo, uma consequência desse crescimento é a produção sem precedentes de lixo.

Na tentativa de contribuir de alguma forma para reduzir o problema do lixo eletrônico crescente em nosso país, a utilização dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) se torna necessário a cada dia no nosso cotidiano. Com o intuito de dar uma pequena contribuição nesta luta contra o descarte incorreto e fazendo uso de um conceito dos 3R's (reutilizar), pretende-se desenvolver um protótipo em caráter experimental para verificar a viabilidade do projeto, a construção de uma fonte de energia para processo de

soldagem com eletrodo revestido, a partir de peças e componentes reciclados dos equipamentos eletroeletrônicos obsoletos descartados pela população. Devido ao seu baixo custo por ter suas peças reutilizadas, pode ser utilizado em uso doméstico, serralheria e indústria de pequeno porte.

Para o desenvolvimento deste projeto será usado peças e componentes eletrônicos oriundos de equipamentos obsoletos como as carcaças, diodos de potência, capacitores, fusíveis, controladores térmicos, cabos de alimentação, fios condutores, ventoinha e transformador de alta voltagem que será apresentado mais detalhadamente no desenvolvimento do trabalho.

Na seção 2 trataremos um breve relato bibliográfico sobre os principais itens que compõe o projeto tais como resíduos sólidos, resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, fonte de energia para soldagem e seus componentes. Em seguida na seção 3 e 4 falaremos da forma em que o projeto será desenvolvido e os métodos utilizados, bem como o seu passo a passo. Os resultados serão apresentados juntamente com suas discussões na seção 5. Por fim, apresentaremos nossas conclusões e referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESÍDUO SÓLIDO

De acordo com a Lei Federal 12.305/2010 denominada Política Nacional de Resíduo Sólido (PNRS) em suas definições no capítulo II, artigo 3º, inciso, XVI regulamentada pelo Decreto 7404/2010, que estabelece normas para o cumprimento desta lei define resíduo sólido como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível; (LEI nº12.305, 2010).

Fernandes (2014, p. 27) classifica resíduo sólido urbano como “os resíduos domiciliares, provindo das residências; o comercial, proveniente de estabelecimentos como escritório lojas e hotéis; os de varrição e serviço, como feira livre, capinação e poda”.

A autora afirma que os resíduos sólidos podem ser considerados de acordo com seu aspecto físico (seco ou molhado), quanto a composição química (orgânicos e inorgânicos), dependendo de sua fonte, quanto ao seu nível de periculosidade em relação a determinados padrões de qualidade ambiental e de saúde pública (FERNANDES, 2014).

2.2 CENÁRIO NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A associação Abrelpe (2015), em seu panorama de 2014, afirma que o levantamento de dados sobre os resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos de serviços de saúde (RSS) e demais itens pertinentes à limpeza urbana no Brasil em 2014, foram feitos através da aplicação de um questionário junto a 400 municípios representando 91.764.305 dos 202.799.518 habitantes indicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esta pesquisa mostra os dados da geração anual por habitante em 2014 quando comparados ao ano de 2013, informando que a geração total de (RSU) no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que

representa um aumento de 3% de um ano para outro, conforme indica a Figura 1.

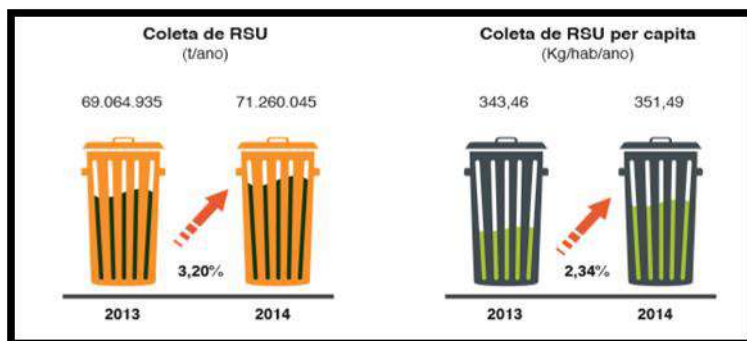
Figura 1 - Geração de resíduo sólido no Brasil e per capita entre 2013 e 2014.



Fonte: Abrelpe (2015).

Nesta pesquisa, a associação Abrelpe (2015) mostra que a coleta seletiva em 2014 teve um aumento de 3,20% como mostra a figura 2 no total de RSU coletado durante este período se comparada a 2013.

Figura 2 - Coleta de RSU (t/ano) no Brasil e per capita (kg/hab/ano) entre 2013 e 2014.



Fonte: Abrelpe (2015).

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e a coletada em 2014 mostra que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 90,6%, comprovando que pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país neste ano e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio.

Dos resíduos sólidos urbanos gerados no Paraná em 2014, 70,2% foram destinados em aterros sanitários, 19,7% em aterros controlados e 10,1% em lixões. O Quadro 1 mostra a geração e a coleta seletiva entre 2013 e 2014 (ABRELPE, 2015).

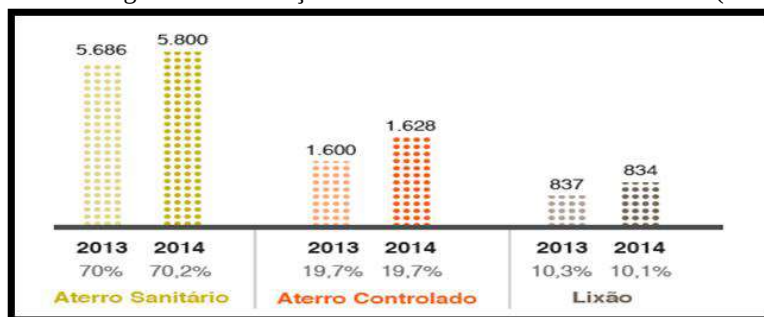
Quadro 1 - Coleta e Geração de RSU no Estado do Paraná.

População Total		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		(Kg/hab/dia)		(t/dia)			
2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
10.997.465	11.081.692	0,739	0,746	8.123	8.262	8.638	8.776

Fonte: Abrelpe (2015).

Como mostra o relatório da Abrelpe (2015) a destinação final de RSU no Estado do Paraná (t/dia) em lixões apresentado na Figura 3, comprova que está sendo reduzido em cumprimento da lei nº 12.305/2010.

Figura 3 - Destinação Final de RSU no Estado do Paraná (t/dia).



Fonte: Abrelpe (2015).

Os resultados observados por meio das figuras apresentadas anteriormente, ele nos traz uma leve sensação de que a PNRS está sendo praticada pelo poder público. Ainda sobre os RSU a classe dos REEE requer um olhar ainda mais cuidadoso devido ao seu crescimento, que passamos a analisar no próximo tópico.

2.3 RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO (REEE)

Daniel (2014, p. 28) conceitua os resíduos eletrônicos como “objetos técnicos informacionais que depois de um tempo de uso não servem mais para seus usuários, por várias razões”. Cita, por exemplo, uma geladeira ou um forno micro-ondas que queimou ou não esquentam mais.

O autor segue afirmando que os resíduos eletrônicos são aqueles que em sua fabricação envolve alta tecnologia ou não. Por exemplo, cita:

Monitores de computadores, os próprios computadores, telefones celulares e sua bateria, televisores de tubo e LCD, aparelhos de fax, câmeras fotográficas, impressoras, micro ondas, máquinas de lavar roupas, máquinas de lavar pratos, enfim, a característica fundamental dos equipamentos eletrônicos está na

possibilidade da interação do homem com a máquina.
(DANIEL, 2014, p. 28)

A quantidade de equipamentos elétricos e eletrônicos colocados no mercado e o valor resultante do lixo eletrônico gerado no Brasil pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Visão geral do lixo eletrônico no Brasil em 2012 e 2014.

Sujeito	Unidade	Ano	Quantidade	Fonte
População	(habitantes totais em milhões)	2012	196,53	FMI WEO
Poder de compra*	(USD por habitante)	2012	12038	FMI WEO
EEE colocados no mercado *	(kg por habitante)	2012	9.3	UNU-IAS SCYCLE (2015)
	(Total em quilotoneeladas métricas)	2012	1.850	UNU-IAS SCYCLE (2015)
E-resíduos gerados *	(kg por habitante)	2014	7	UNU-IAS SCYCLE (2015)
	(Total em quilotoneeladas métricas)	2014	1412	UNU-IAS SCYCLE (2015)

Fonte: Step (2014).

Para Xavier (2014), na América Latina, o Brasil tem se destacado com a elaboração de Políticas Estaduais e Nacionais de resíduos sólidos. Já outros países como Argentina, Paraguai, Peru, Uruguai e Colômbia já possuem legislações próprias sobre o assunto.

A reciclagem de resíduos sólidos possui várias maneiras de expor seu significado, mas de acordo com a Lei Federal nº 12.305/2010 que altera a Lei nº 9.605/1998, vem trazer a seguinte definição:

Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos

órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa; (LEI nº12.305, 2010).

Para os REEE a sua reciclagem esta diretamente ligada a cooperativas e associações espalhadas pelo país, de acordo com Xavier (2014, p. 101) a autora apresenta sete fases da reciclagem que são elas: Recebimento, seleção e classificação dos equipamentos, teste e seleção, desmontagem, separação, trituração, transporte e armazenagem dos materiais.

2.4 FONTE DE ENERGIA PARA SOLDAGEM

Segundo Marques (2009, p. 63) uma fonte de energia para soldagem a arco deve atender a três requisitos básicos:

- 1) *Produzir saídas de corrente e tensão com características adequadas para um ou mais processos de soldagem, ou seja, tensões baixas e correntes altas para soldagem;*
- 2) *Permitir o ajuste dos valores de corrente e/ou tensão para aplicações específicas;*
- 3) *Controlar, durante a soldagem, a variação dos níveis de corrente e tensão de acordo com os requisitos do processo e aplicação (MARQUES, 2009, p. 64).*

Para Schonardie (2005, p. 09) as fontes de energia tem um conjunto de propriedades estáticas que mediante o processo de execução de soldagem, aliados a outros fatores tais como o comprimento do arco elétrico e da atmosfera ionizante irá determinar a viabilidade do processo. Estas características nos dá a classificação das fontes em dois tipos: fontes de tensão constante e fonte de corrente constante.

Uma fonte de energia utilizada em processo de soldagem deve possuir alguns itens principais para o seu funcionamento, podendo ser destacados os

transformadores, retificadores e os capacitores os quais serão descritos a seguir.

2.4.1 TRANSFORMADOR

O transformador para Schonardie (2005, p. 16) é encarregado de isolar a entrada da rede da saída da máquina e adequação das tensões. Para transformadores abaixadores, seu aspecto de operação resulta em uma pequena tensão de saída se comparada a tensão de entrada, e alta corrente na saída, além de outras características para garantir a segurança do operador da fonte de soldagem. De acordo com Gussow (1997, p.423), duas bobinas isoladas eletricamente e enroladas em torno de um núcleo comum é a formação básica de um transformador, onde se usa o acoplamento magnético para se transferir a energia de uma bobina para outra. Uma bobina, também denominado enrolamento, é composta de várias espiras de fio esmaltado. A bobina que recebe a energia da fonte CA é chamada de primária e a que fornece energia para uma carga CA é chamada de secundária.

Segundo o mesmo autor o transformador também possui o seu núcleo formado por várias camadas de aço laminado, as quais irão determinar as dimensões do transformador, cujas características magnéticas são para os transformadores de baixa frequência. Já os transformadores de alta frequência o seu núcleo é formado de ferro em pó e cerâmica ou de material não magnético, mas ainda existem as bobinas cujas espiras são enroladas em torno de materiais feito de papelão e plástico, sendo estes também não magnéticos, pode-se se dizer então que este núcleo na verdade é o ar.

Considerando um modelo ideal de transformador, o autor continua afirmando que esta transferência de energia de uma bobina para outra

acontece sem nenhuma perda. Com relação a tensão na bobina de um transformador ela é diretamente proporcional ao número de espiras de ambas as bobinas. Esta relação será apresentada no desenvolvimento do projeto.

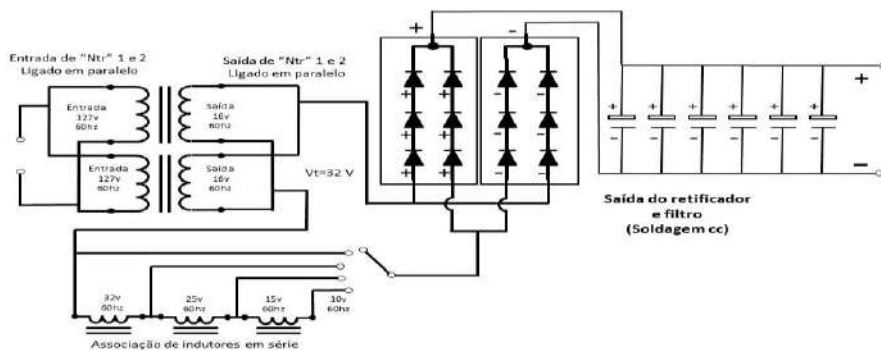
2.4.2 RETIFICADOR

Para Marques (2009) os retificadores são componentes eletrônicos, para esclarecer melhor este assunto ele afirma em sua obra que:

Os diodos, representados por , são componentes eletrônicos retificadores que apresentam valores de resistência elétrica diferentes, dependendo do sentido de fluxo da corrente, isto é, a resistência é muito menor em um sentido do que no outro. Assim, em um circuito de corrente alternada, este dispositivo permite bloquear o fluxo de corrente em um sentido e, desta forma, retificar a corrente (Marques, Modenesi, & Bracarense, 2009, p. 69).

O autor continua enfatizando que para tornar este procedimento mais eficiente, uma quantidade de diodos é distribuída de forma ordenada (pontes), como mostra a figura 4. Como o resultado da retificação apresenta flutuações de tensão, denominada de tensão de *ripple*. Estas flutuações podem ser minimizadas pelo uso de bancos de capacitores ou indutores que agem como filtros da corrente.

Figura 4 - Ponte retificadora de onda completa usando 6 diodos positivos e 6 negativos.



Fonte: Autor.

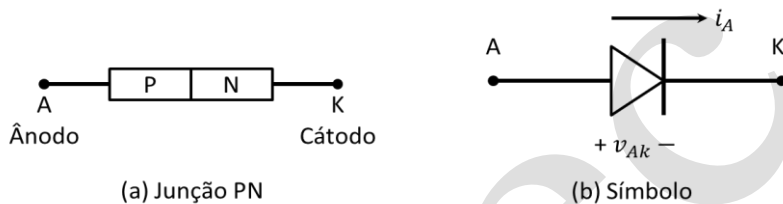
Para Ahmed (2000, p. 32) os diodos quando utilizados nos circuitos de potência desempenham um papel muito importante principalmente nos retificadores não controlados responsáveis por fazer a conversão de tensão CA para CC fixa e funcionam como diodo de retorno, com o objetivo de fornecer a condução do fluxo de corrente em cargas indutivas, no entanto possui uma capacidade maior de potência.

O autor segue afirmando que nos diodos PN os materiais utilizados para sua fabricação podem ser de silício ou de germânio, enquanto que para os diodos de potência são utilizados o silício que pode operar com maior corrente e temperatura mais alta de junção e quando polarizado reversamente possui maior resistência (AHMED, 2000).

Sua estrutura e símbolo são mostrados nas Figuras 5 (a) e (b). Observa-se que possui dois terminais, sendo um o ânodo (na junção P) representado pela letra A e o outro terminal o cátodo (na junção N) representado pela letra K. Se a tensão no ânodo é mais positiva, o diodo está diretamente polarizado, permitindo uma pequena queda de tensão quando a corrente circula em seus terminais.

Todavia, se a tensão positiva no cátodo é maior, pode se afirmar que o diodo está inversamente polarizado e, portanto bloqueia o fluxo de corrente elétrica. Quando no símbolo do diodo é mostrado uma flecha, esta indica o sentido convencional da corrente podendo ser observado na Figura 5 (b).

Figura 5 (a) - A estrutura de um diodo, (b) símbolo de um diodo.



Fonte: AHMED (2000).

2.5 BANCO DE CAPACITOR

Para Cathey (2003, p.51) a forma de onda na saída de um retificador, não é suficiente para ser usada como uma fonte de tensão, levando em conta as variações no tempo. Para melhorar esta forma de onda deve-se colocar um filtro entre o retificador e a carga. Este filtro terá a função de suprimir os harmônicos que se encontra na forma de onda retificada, preservando assim a componente CC. O fator de ondulação é uma medida da qualidade para a forma de onda retificada ou não. O fator de ondulação pode ser expresso pela seguinte equação:

$$V_{rpp} = \frac{I}{fC} \quad (1)$$

Onde:

V_{rpp} = Tensão de *ripple*;

I = Corrente em RL;

f = Frequência;

C = Capacitância.

Depois de feito uma breve revisão literária dos principais componentes que compõem uma fonte de energia para soldagem passou agora para a fase do desenvolvimento do protótipo e o método de montagem utilizado.

3 DESENVOLVIMENTO

Como método para a execução deste projeto, o primeiro passo foi a seleção das peças e componentes utilizadas no protótipo. Para isto foram realizadas visitas em centro de reciclagem, ONGs de reciclagem de equipamento eletroeletrônicos (e-lixo) e ferro velho do município de Londrina.

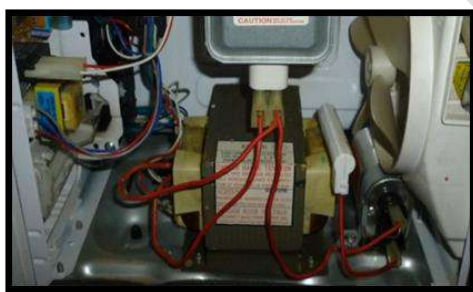
Realizando o processo de engenharia reversa, isto é, desmontagem e seleção dos componentes necessários para o projeto, tais como: diodos de potência, capacitores, fusível, ventoinhas, lâmpada, condutores, conectores, carcaça, peças de alumínio e transformador, os quais foram encontrados nos mais diversos tipos de equipamentos eletroeletrônicos, tais como: televisor, aparelho de som, máquina de lavar, forno de micro-ondas, alternador de carro e carregadores de bateria automotiva.

Todos os componentes foram testados através de instrumentos de testes como: multímetro digital e amperímetro para confirmar seu estado de funcionamento para utilização na montagem do protótipo.

3.1 ASPECTO CONSTRUTIVO DO PRIMEIRO TRANSFORMADOR

Antes de iniciar a montagem do protótipo é relevante conhecer as características do transformador utilizado bem como suas medidas. O projeto utiliza dois transformadores ligados em série, sendo assim foi necessário desmontar dois fornos de microondas, onde cada equipamento possui apenas um transformador como mostra a Figura 6 (a), o qual foi dado o nome de “tr1” e “tr2” com especificações técnicas semelhantes. Na Figura 6 (b) mostra o transformador já retirado do aparelho de microondas modelo WB27X10558 DW-R11A3-1AT.

Figura 6 (a) - Transformador de micro-ondas em sua posição original, (b) Transformador já retirado.



(a)



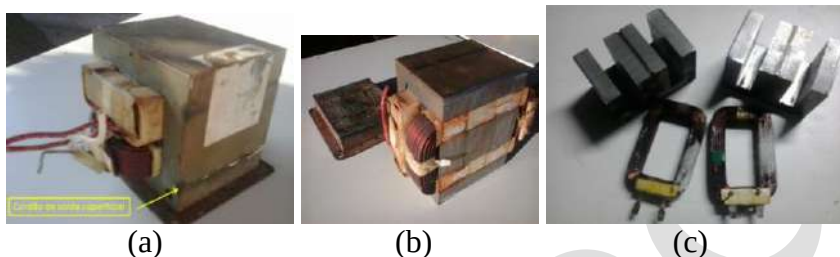
(b)

Fonte: Autor.

Ao realizar o processo de desmontagem do transformador, verificou-se que este é unido por um cordão de solda superficial visto na Figura 7 (a), que é facilmente removido com o auxílio de uma esmirilhadeira ou arco de

serra manual, resultado observado na Figura 7 (b). Na Figura 7 (c) podemos ver “tr1” e “tr2” com seus enrolamentos primário e secundário já removido.

Figura 7 (a) - Cordão de solda de “tr1”, (b) “tr2” aberto, (c) Primário e secundário removido de “tr1” e “tr2”.



Fonte: Autor.

Após removido o cordão de solda torna-se acessível a bobina primária do transformador, envolvida por uma camada de papel Kraft® de fácil remoção.

Ao se desenrolar o transformador quantificou-se os enrolamentos primários e secundário. O primário de “tr1” apresentou 125 espiras de fio de cobre esmaltado AWG nº13, que recebe uma tensão da rede que varia de 110V a 127V. E o secundário de “tr1” apresentou 3 voltas de fio de alumínio de 1.5 mm^2 , revestido com tecido e Policloreto de Vinila, conhecido como (PVC), cuja função é alimentar o magnetrom. O magnetrom é o responsável para gerar as micro-ondas que aquecerá o interior do forno.

Por fim, há um outro secundário também envolvido também por uma camada de papel Kraft que removido com facilidade se tem acesso a bobina de alta tensão. Foram contadas 2.330 espiras de fio de cobre esmaltado AWG nº 21 .

Para se fazer o cálculo da relação de transformação objetivando o conhecimento da tensão no secundário do transformador “tr1”, utiliza-se a equação 2.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2)$$

Onde:

V_1 = É a tensão no primário;

V_2 = É a tensão no secundário;

N_1 = É o número de espiras no primário;

N_2 = É o número de espiras no secundário.

Sendo assim, para o transformador “tr1” obtém-se uma tensão de saída igual a 2.369V para uma tensão de entrada no enrolamento primário igual a 127V.

Na Figura 8 podemos observar o seu aspecto físico e representação simbólica, onde se nota uma tensão de entrada no primário variando de 110V a 127V ou 220V conforme o projeto. No secundário obtém-se uma alta tensão de 2.369V. Com isto pode-se dizer que a relação de transformação do número de espiras do primário em relação ao secundário deste transformador, dado pela equação (3) é igual a 0,0536/1.

$$RT = \frac{N_1}{N_2} \quad (3)$$

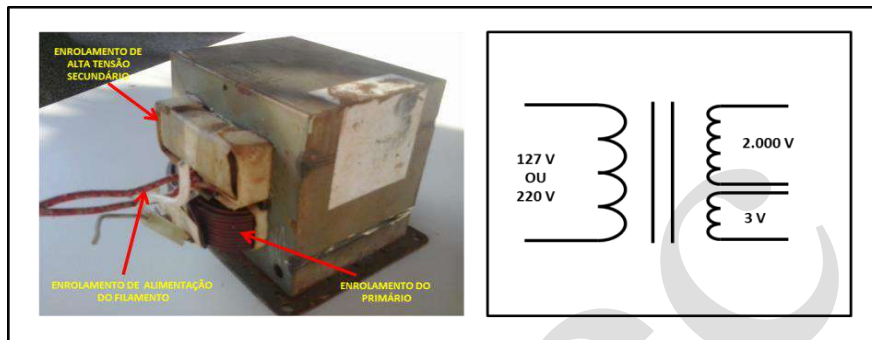
Onde:

N_2 = É o numero de espiras no secundário;

N_1 = É o numero de espiras no primário;

RT = Relação de transformação.

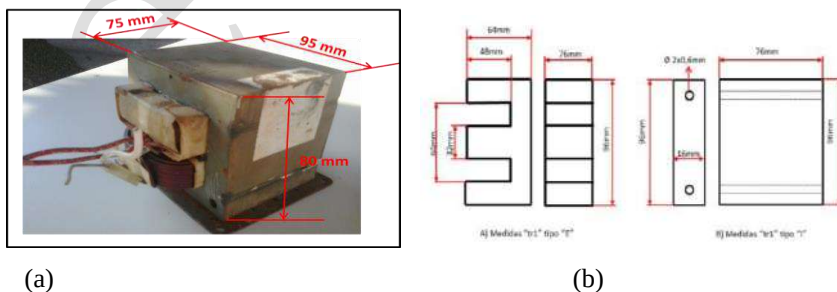
Figura 8 - Aspecto físico e representação simbólica do transformador.



Fonte: Autor.

Construído de 119 chapas de ferro silício com núcleo em forma “E” e “I”, cujas medidas externas estão ilustradas na Figura 9 (a). Já a medida interna de “tr1” pode ser observada na Figura 9 (b) com a qual podemos calcular o tamanho do núcleo de “tr1”.

Figura 9 (a)- Medida externa do transformador, (b) Medidas interna do transformador.



Fonte: Autor.

Conhecido os aspectos construtivo de “tr1” passaremos agora as principais informações de “tr2” o qual não possui muita diferença.

3.2 ASPECTO CONSTRUTIVO DO SEGUNDO TRANSFORMADOR

O transformador “tr2” possui o mesmo formato do anterior, diferenciando apenas no material com que as bobinas foram enroladas e na quantidade de espiras. No primário foram contadas 90 espiras de fio esmaltado de alumínio AWG nº 13, enquanto que no secundário 1.800 espiras de fio de cobre esmaltado AWG nº 21, com as mesmas 3 espiras de fio de alumínio 1.5mm^2 revestido de tecido de PVC.

Desenvolvendo a relação de transformação de “tr2”, através da equação (2) tem-se o resultado de 2.540V, para o secundário. Fazendo uso da equação (3) percebe-se que a relação de transformação entre espiras é de 0,05/1.

3.3 MONTAGEM

Após a desmontagem e colhidos os dados do “tr1” original, passamos a realizar o processo de montagem do novo transformador que daremos o nome de “Ntr1”.

Mantendo o enrolamento primário, pois a nossa entrada será de 127 V, foi necessário projetar um novo enrolamento secundário com o objetivo de obter uma tensão entre 0 e 35V , e relação de transformação entre espiras de 8/1, tornando este um transformador abaixador.

Reutilizando fio condutor flexível de 6 mm² equivalente ao fio 3 AWG reciclado de instalação elétrica residencial. Foi necessário desencapá-lo, visto que de acordo com a norma NBR 5410:2004, seu revestimento de Policloreto de Vinila (PVC) não suporta altas temperaturas, proveniente de uma alta corrente que percorre o condutor durante o processo. Os valores de corrente serão apresentados na seção de resultados.

Com o condutor já desencapado aplicou-se três camadas de verniz eletroisolante “VERNIZ IMP LACKTH 1303 B” próprio para enrolamento de motores e transformadores, para que o mesmo não viesse a se desenrolar, com intervalo para secagem de 3 horas entre demão.

Feito isto confeccionou-se a nova capa protetora, onde optou-se pelo tecido de algodão, por ter uma espessura menor do que o cordão normalmente utilizado, com aproximadamente 3 mergulhos no mesmo verniz, tendo intervalo entre demão de três horas e a última por um período de 24 horas para cura total como orienta o fabricante.

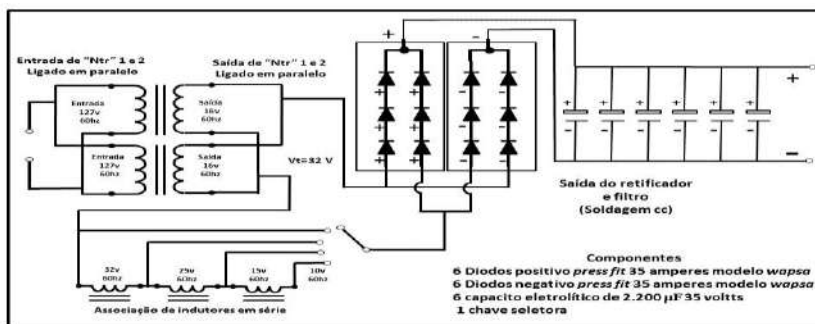
Para o preparo da carcaça do “Ntr1” é necessário limpar com escova de aço para retirar todas as impurezas e escória do antigo verniz, para então acomodar a bobina do secundário. Usando 10m de condutor montou-se 16 espiras no secundário de “Ntr1”, prendendo a bobina com fita crepe para ajudar na isolação da mesma. Todo este mesmo processo foi feito com “Ntr2” resultando em 32 espiras ligadas em série, sendo alimentados ambos com a tensão alternada da rede de 125 V.

O fechamento de “Ntr1” e “Ntr2” é finalizado pelo cordão de solda com eletrodo revestido de 2,5 mm. Por fim, para melhoria da fixação e atenuação da vibração e aquecimento das bobinas realiza-se o banho em verniz, em pelo menos duas vezes.

Para a caixa do protótipo foi utilizado a capa que protege o circuito do forno de micro-ondas. Marcando-se com uma trena o meio superior da capa e feito apenas uma dobra obtendo-se uma caixa, já para a tampa traseira e frontal foi utilizado uma chapa de MDF de 9mm. Para visualizar o interior do protótipo em sua lateral foi feito uma abertura de 220 mm x 180 mm possuindo uma proteção de acrílico transparente. Instalou-se um disjuntor de 20 A, responsáveis pela proteção do circuito. O sistema de refrigeração forçado é através de dois ventiladores ligado em série com a chave liga desliga do circuito. Uma lâmpada indica quando o protótipo está energizado.

Com o objetivo de se fazer um controle de corrente para aplicação em diversos materiais, visto que como na saída de “NTR” se obteve 32 V, foi necessário a instalação de um indutor com derivação de 10, 20 e 25 espiras, enrolada com o mesmo condutor do secundário. Tal indutor de derivação foi conectado a uma chave de três posições para facilitar a mudança de tensão, possibilitando assim o controle nos seguintes níveis de tensão 10 V, 20V, 25V e 32V. A corrente possui uma relação inversamente proporcional a tensão, isto é, ao aumentar a tensão se reduz a corrente na saída, melhorando a estabilidade do arco na figura 10 podemos observar o esquema elétrico do protótipo.

Figura 10 - Esquema elétrico do protótipo.



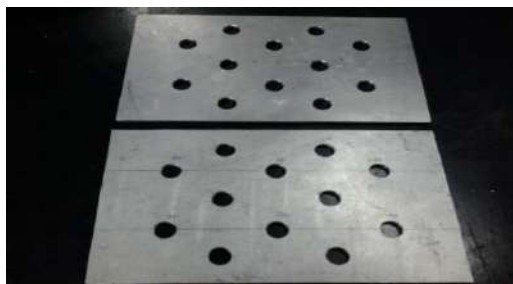
Fonte: Autor.

Após apresentação do esquema elétrico do protótipo com seus principais componentes destacando a ponte retificadora, onde a mesma será detalhada no próximo tópico seguido pelo banco de capacitores.

3.4 PONTE RETIFICADORA

Para construção da ponte retificadora utilizou-se 6 diodos para o ramo da polaridade positiva e 6 diodos para o ramo da polaridade negativa, modelo “*press fit*” 35 A tipo “*Wapsa*” reforçado indicados na Figura 11 (b), retirados de alternador de carro e carregador de baterias que possuem a sua base metálica em contato com uma peça de alumínio, chamada de dissipador de calor mostrado na Figura 11 (b). Os mesmos foram prensados em furos distribuídos paralelamente em duas chapas de alumínio de dimensões 0,3 mm x 210 mm x 130 mm, sendo responsável pela dissipação do calor gerado nos diodos.

Figura 11 (a) - Chapa de alumínio utilizado como dissipador de calor, (b) Diodo *press fit* 35



(a)

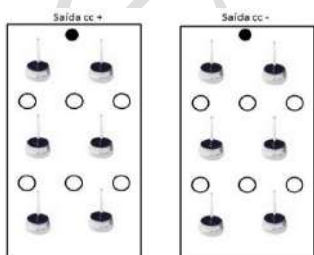


(b)

Fonte: Autor.

Para a ligação da placa retificadora na saída do “NTR” realizou-se o procedimento de conectar um dos condutores de saída de “NTR” aos três diodos do ramo de polaridade positiva e três diodos do ramo de polaridade negativa, formando assim o polo positivo de uma das placas. O outro condutor de saída de “NTR” foi conectado a chave seletora de três posições que ligada aos outros três diodos do ramo de polaridade positivos e aos outros três diodos negativos, dando origem a saída negativa da outra placa, como mostra a Figura 12 (a) Na figura 12 (b) observamos o protótipo da placa retificadora.

Figura 12 (a) - Esquema simbólico (b) Protótipo da placa retificadora.



(a)

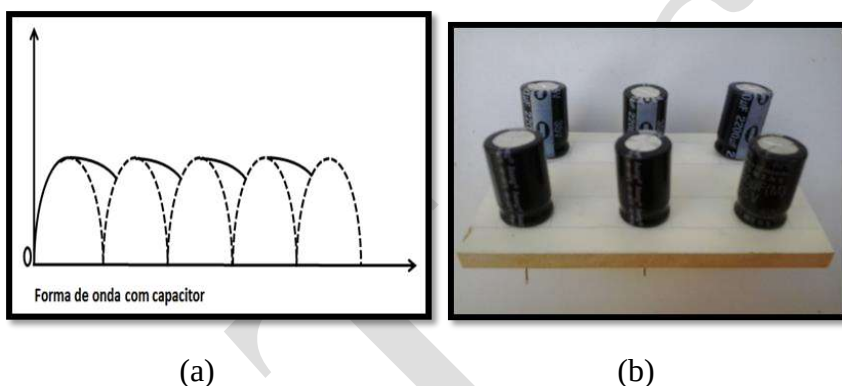


(b)

Fonte: Autor.

Para que a forma de onda apresentada na Figura 13(a) seja a mais contínua possível, se faz necessário a inserção de filtragem provida de um banco de capacitores. Neste projeto utiliza-se 6 como mostra a Figura 13(b) capacitores de $2.200\ \mu\text{F}$ que suportam uma tensão de 35 V fixados em uma placa de MDF de 0,9 mm x100 mm x 80 mm por ser um material isolante.

Figura 13 - Forma de onda com capacitores.



Fonte: Ahmed (a), Autor (b).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como já citado, uma fonte para soldagem deve ser capaz de gerar na saída corrente e tensão com características adequadas para um ou mais processos de soldagem, ou seja, tensões baixas e correntes altas.

No ponto em que o protótipo foi conectado a tensão é de 125 V. A corrente de entrada do circuito em aberto é de 15,7 relativamente alta com “Ntr1” e “Ntr2” ligados em paralelo.

Com o secundário de “NTR” operando a vazio obteve-se uma tensão em corrente alternada de 32 V, a chave seletora é responsável pela variação da tensão de 10 V a 32 V.

Com a inserção de um banco de capacitores totalizando 13.200 μF se teve um ganho de 16 V resultando em 48 V quando o mesmo se descarrega, dando um ganho maior no processo de soldagem facilitando a penetração do material depositado em peças de maior espessura. Após a abertura do arco tem-se uma nova perda, no qual a tensão de saída se aproxima de 39 V por conta da elevação da corrente em regime de trabalho.

Utilizando eletrodo de 2.5mm sem o uso dos capacitores, percebe-se um aumento nos respingos de solda visto na figura 14 (a), já com os capacitores isto não acontece, como mostra a figura 14 (b), por outro lado é possível ouvir uns estalos provindos da descarga dos capacitores no momento da abertura do arco.

Figura 14 - a) Respingo de solda sem capacitor, b) respingos de solda com capacitor.



Fonte: Autor.

De acordo com a relação de transformação de corrente dada pela equação (4) onde é conhecido que para: $I_1=15.7\text{A}$, $N_2=32$ espiras e $N_1=215$ espiras obteve-se uma corrente nominal de $I_2=106\text{ A}$ amperes,.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (4)$$

Onde:

I_1 = Corrente no enrolamento primário (A),

I_2 = Corrente no enrolamento secundário (A),

N_2 = Número de espiras no secundário,

N_1 = Número de espiras no primário.

Para então se saber a potência na saída do protótipo é preciso fazer uso da equação (5) dada pela lei de Ohm, em que a tensão de saída é de 32 V e a corrente de 106A, resultando em uma potência de trabalho de aproximadamente 3.392 Watts (W).

$$P = V * I \quad (5)$$

Onde:

P = é a potência dada em watts (W),

V = é a tensão dada em volts (V);

I = é a corrente dada em amperes (A).

Com este valor de corrente obtido de acordo com Marques (2009, p. 185), afirma que: Pode se utilizar eletrodo de 2,0mm, e 2.5mm.

Tabela 1 - As faixas típicas de parâmetros elétricos de operação para diferentes eletrodos revestidos

Eletrodo	AWS E 6010		AWS E 7018	
Bitola (mm)	Corrente (A)	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão (V)
2,0	50-70	18-28	50-90	20-30
2,5	60-100		65-105	
3,25	80-150		110-150	
4	105-205		140-195	
5	155-300		195-270	
6	195-350		225-355	

Fonte: Marques (2009).

Com relação ao ciclo de trabalho do protótipo em estudo de acordo com Veiga (2011, p.192), este ciclo é expresso em porcentagem, considerando um ciclo base de 10 minutos dado pela equação (6). Quando se deseja trabalhar com uma determinada corrente I_x se obtém X% ou vice-versa.

$$\frac{I_x}{I_{100\%}} = \frac{\sqrt{100\%}}{x\%} \quad (6)$$

Onde:

I_x é a corrente que se deseja trabalhar;

$I_{100\%}$ é a corrente com ciclo de 100%;

$\sqrt{100\%}$ = Raiz quadrada de 100%

$x\%$ é o ciclo de trabalho desejado.

Na figura 15 (a) e (b) podemos observar o protótipo concluído.

Figura 15 - Protótipo concluído.



Fonte: Autor.

Por exemplo, o protótipo operando com uma corrente nominal de 106 A fornece 50 A a um ciclo de trabalho de 40%, isto significa que o equipamento durante 4 minutos fornece 50 A ficando os outras 6 sem trabalho para refrigeração, desta forma o operador é capaz de definir a corrente que deseja trabalhar em um determinado ciclo de trabalho.

Comprovando teoricamente que o protótipo em estudo se enquadra entre as fontes comerciais que de acordo com Veiga (2011, p.192) “A norma NEMA (*Natural Electrical Manufacturing Association*) estabelece três classes de equipamentos: Classe I o seu ciclo de trabalho é de 60,80 e 100%, na classe II o ciclo é de 30,40 e 50% e na classe III o ciclo é de 20%”. Se o operador deseja trabalhar com um valor mínimo de corrente exigido na tabela 1 em um ciclo de trabalho de 4 minutos comprova que o ciclo de trabalho do protótipo é de 40%. Quando na prática o protótipo apresenta deficiência, o

arco elétrico não se estabiliza devido a corrente ser muito baixa ao elevar a corrente superaquece os enrolamentos.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos chega-se a conclusão de que não é possível a reutilização de peças e componentes neste projeto, pois o mesmo apresenta algumas deficiências. Quanto a viabilidade do mesmo requer estudos mais detalhados relacionados às dimensões dos transformadores e possível controle de corrente e de temperatura, com o circuito operando em um ciclo de trabalho de 4 minutos o arco elétrico não se estabiliza, também foi detectado um aquecimento excessivo nos enrolamentos primário, mesmo tendo uma refrigeração forçada por 2 ventiladores.

Por outro lado devido a facilidade de acesso a esses componentes eletrônicos, abre-se o caminho para novas pesquisas quanto a sua reutilização, que trará uma pequena contribuição para a preservação do meio ambiente, bem como a redução na extração dos recursos naturais, os quais estão cada vez mais escassos.

PART REUSE AND ELECTRONIC COMPONENTS IN CONSTRUCTION OF A POWER SUPPLY FOR WELDING PROCESS WITH STICK

Abstract

With the growth of waste electrical and electronic equipment in Brazil and the world, the theme of this work is the construction of a power source for welding process with coated electrodes from reused parts and components of obsolete electronic equipment discarded by the population as way to contribute in reducing the problems caused to the population and the environment due to electronic waste disposed of incorrectly. The methodology used was through the reverse process, through recycling, separation, removal of equipment, removal of components and parts and analysis to check its efficiency. The viability of this project requires more detailed studies related to the dimensions of transformers used and possible temperature control, with the prototype operating in a 4-minute work cycle it is perceived overheating in the primary windings, even with a cooling forced by 2 fans causing a reduction in prototype act efficiency. On the other hand because of the ease of access to these electronic components, opens the way for further research as its reuse, which will contribute in this way to preserve the environment, and the reduction in the extraction of natural resources, which are increasingly scarce.

Keywords: Solid waste. Power source for welding. Reverse engineering.

REFERÊNCIAS

ABRELPE (2015). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>.

Acesso em: 23 de nov. 2014.

AHMED, A. **Eletrônica de Potência**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000.

CATHEY, J. J. **Teoria e Problemas de Dispositivos e Circuitos Eletrônicos**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

DANIEL, M. P. **Resíduo eletrônico, fruto da modernidade**: diagnóstico do uso da Informática na Prefeitura de Londrina entre os anos de 1993 a 2014. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

FERNANDES, R. G. **Estudo de técnicas de recuperação de metais de resíduo de equipamento eletroeletrônico**. 2014. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa: Em Busca do Equilíbrio Econômico e Ambiental**. Recife: Editora Clube de Autores, 2011.

GUSSOW, M. **Eletricidade Básica**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1997.

LEI, Federal. Nº12.305/2010. **Política Nacional de Resíduo Sólido**. Distrito Federal, Brasil

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 12 set. 2014.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: Fundamentos e tecnologia**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.

NBR 5410: 2004. **Instalações elétricas de baixa tensão** Segunda edição versão corrigida 17.03.2008. Disponível em: http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdp. Acesso em: 13 de mai. 2016.

ROVIRIEGO, L. F. V. **Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SCHONARDIE, M. F. **Estudo e Implementação de um Transformador de Alta -frequência para Fonte de Soldagem – Estudo de Diferentes Topologias para Obtenção de Corrente de Saída Alternada**. 2005. Programa de (Pós-graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SPITZCOVSKY, D. Planeta Sustentável. **ONU lança primeiro mapa global de lixo eletrônico**. 2013. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/onu-lanca-primeiro-mapa-global-lixo-eletronico-e-lixo-world-map-763469.shtml>>. Acesso em: 08 set. 2014.

STEP, Initiative. **Solving The E-Waste Problem**. Overview of e-waste related information – Brazil. 2014. Disponível em: <http://step-initiative.org/index.php/view_Brazil.html>. acesso em: 21 nov. 2015.

VEIGA Emílio. **Soldagem de Manutenção** / Emílio Veiga. – São Paulo: Globus, 2011.

YAMANE, L. H. **Recuperação de Metais de Placas de Circuito Impresso de Computadores Obsoletos Através de Processo Biohidrometalúrgico**.

2012. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

XAVIER, L. H., CARVALHO, T. C. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. – 1. Ed. – Rio de Janeiro : Elsevier, 2014.

e-TEC