



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE - FANESSE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

WELLINGTON OLIVEIRA SALES JÚNIOR

**REAPROVEITAMENTO DE LIXO ELETRÔNICO: Criação de
fonte linear variável utilizando componentes de aparelhos
danificados e obsoletos.**

**Aracaju – SE
2012 .2**

WELLINGTON OLIVEIRA SALES JÚNIOR

REAPROVEITAMENTO DE LIXO ELETRÔNICO: Criação de fonte linear variável utilizando componentes de aparelhos danificados e obsoletos.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como elemento obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, no período 2012.2.

Orientador: Prof. Esp. Josevaldo Feitoza

Coordenador de Curso: Prof. Dr. Jefferson Freitas

**Aracaju – SE
2012 .2**

WELLINGTON OLIVEIRA SALES JÚNIOR

REAPROVEITAMENTO DE LIXO ELETRÔNICO: Criação de fonte linear variável utilizando componentes de aparelhos danificados e obsoletos.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como elemento obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2012.2.

Aprovado (a) com Média: _____

**Prof. Esp. Josevaldo Feitoza
1 ° Examinador (Orientador)**

**Prof. Msc. Bento Francisco dos Santos Júnior
2 ° Examinador**

**Prof. Esp. Kleber Andrade Souza
3 ° Examinador**

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2012.

AGRADECIMENTOS

E finalmente cheguei ao tão sonhado dia, parece que foi ontem quando estava no CEFET em uma tarde rotineira juntamente com Gal, na qual conversávamos sobre o ENEM e a necessidade de cursar uma graduação que possuísse mercado somando-se aos conhecimentos adquiridos no meu curso Técnico em Eletrônica. Com o seu temperamento forte, praticamente me arrastou do CEFET até o Correio Central, mesmo eu não colocando muita fé nos fatos que ocorreriam posteriormente, ela nunca hesitou em acreditar que conseguiria atingir a vontade de minha mãe, meu sonho de um dia ser engenheiro. Mesmo sem ter contato por tanto tempo, essa vitória também é sua.

Cinco anos depois, posso refletir que os fatos bons e ruins que se sucederam serviram como teste para ver até onde minha determinação em lutar para atingir as metas pessoais. Tudo isso agradeço a meus amigos Tiago, Diego, Carol, Jéssica, Carine, Ana Paula, Ana Camila, Everton, Willan, Pedro, Denise, Thayná, Jeizon, Buzuzo e outros pela força e fé depositada ao longo dos anos, em especial a minha pequena Diandra. Devo agradecimentos aos meus colegas de trabalho que contribuíram em minha formação como Diego, Marcelo, Gilmarcos, Felipe, Matheus, Henrique, Tiago, Cosme, Antônio, Humberto e muitos outros.

Devo um reconhecimento especial aos mestres que difundiram seus conhecimentos a pequenas sementes que com certeza irão produzir belos frutos. Graças a vocês Helenice, Raimundo, Edson, Adriano, Ricardo, Josevaldo, Mario Celso, Jamesson, Sérgio Maurício, Fábio e Gama posso me sentir preparado para o que há de vir, porque o jeito do aluno tem que ser o mesmo do mestre, e felizmente tive ótimos mestres.

Por fim devo agradecer as minhas mães Lourdes, Rosa e Selma; vocês me tornaram uma pessoa melhor. Como um vento que chora pelo universo, o tempo leva consigo os nomes e feitos dos conquistadores e dos cidadãos comuns. E tudo aquilo que fomos e tudo que permanece, está nas memórias daqueles que se importaram porque passamos por esse caminho, mas apenas por um breve momento sendo um homem da ciência, sendo um homem da fé.

RESUMO

Com a invenção do transistor no período pós-segunda guerra, a indústria de eletrônicos acelerou seu ritmo produtivo, bem como na inovação desses produtos. Esse diferencial proporcionou ligeira obsolescência e inviabilidade no reparo de equipamentos danificados, seja por integração dos componentes ou aos custos do reparo quase equiparam-se ao valor do aparelho. A indústria de eletrônicos verificou que esses dois fatores proveriam aumento na produção, todavia diversos ambientalistas alertaram sobre o aumento da deposição desses aparelhos, que feita de forma incorreta, causaria diversos impactos ambientais devido às diversas substâncias nocivas à natureza e ao homem. Percebendo essa problemática, esse trabalho utilizou metodologias mais usuais do ramo da eletrônica e desenvolvimento de produtos como associação de resistores, capacitores, transistores shunt, modelagem FAST e matriz QFD; conforme a recomendação de especialistas do ramo de desenvolvimento, esse trabalho fez uso de softwares de simulação de circuitos como Multisim 11.01 e Trafocalc para prever o comportamento dos circuitos fazendo modificações necessárias para o bom funcionamento do protótipo. Dessa forma, para contornar as limitações de recurso e tecnológicos, optou-se pelo desenvolvimento de um produto com características incrementais utilizando a filosofia DFM que objetiva utilizar componentes comuns no mercado para facilitar o processo de substituição. É importante ressaltar que mesmo reaproveitando diversos componentes houve necessidade de aquisição de alguns componentes no comércio. Por fim, fazendo uma análise comparativa de custos, evidenciou uma economia de 502% para o produto da figura 19a, 930% para o produto da figura 19b, como o produto do projeto reúne funcionalidades dos dois produtos houve uma econômica de 1532%, provando que o reaproveitamento desse resíduo como insumo industrial é viável.

Palavras-chave: Lixo eletrônico. Reaproveitamento. Produto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Formas de onda da tensão contínua e alternada.....	14
Figura 02 – Tensão induzida.....	15
Figura 03 – Representação do transformador.....	16
Figura 04 – Associação de resistores em série.....	18
Figura 05 – Associação de resistores em paralelo.....	18
Figura 06 – Associação de capacitores em série.....	19
Figura 07 – Associação de capacitores em paralelo.....	20
Figura 08 – Diodo em condução e em corte.....	21
Figura 09 – Região de depleção.....	21
Figura 10 – Retificador	22
Figura 11 – Representação do diodo zener.....	22
Figura 12 – Configuração de transistores.....	23
Figura 13 – Utilização do transistor em paralelo.....	23
Figura 14 – Equivalência entre circuitos.....	24
Figura 15 – Válvula eletrônica.....	25
Figura 16 – Transistor.....	26
Figura 17 – QFD.....	34
Figura 18 – Diagrama de conversão.....	37
Figura 19 – Fontes variáveis.....	39
Figura 20 – Fonte Fixa 5V, 9V e 12V.....	43
Figura 21 – Fonte simétrica modificada.....	45
Figura 22 – Fonte corrente controlada modificada.....	46
Figura 23 – Formas de onda.....	47
Figura 24 – Programa Trafocalc.....	48
Figura 25 – Transformador.....	49
Figura 26 – Fonte de tensão fixa montada.....	50
Figura 27 – LM317 e LM337.....	50
Figura 28 – Fonte com amplificadores operacionais.....	51
Figura 29 – Furação e alocação dos componentes.....	51
Figura 30 – Notebook alimentado por fontes.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Resumo da Matriz QFD.....	41
Tabela 02 – Relação de espiras.....	48
Tabela 03 – Informações dos custos.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Descrição da fonte figura 19a.....	39
Quadro 02 – Descrição da fonte figura 19b.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Condução do diodo.....	21
Gráfico 02 – Diagrama de Kano.....	32
Gráfico 03 – Modelagem Funcional.....	42
Gráfico 04 – Representação relativa dos componentes.....	44
Gráfico 05 – Comparação de custos entre produtos.....	53
Gráfico 06 – Percentual de economia.....	54
Gráfico 07 – Ilustração comparativa dos custos.....	55

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE QUADROS.....	
LISTA DE GRÁFICOS.....	

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 Objetivo geral.....	11
1.1.3 Objetivos específicos.....	11
1.2 Justificativa.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 Circuitos Elétricos.....	13
2.1.1 Condutores.....	13
2.1.2 Grandezas elétricas.....	14
2.1.3 Indutância.....	16
2.1.4 Resistência.....	17
2.1.5 Capacitância.....	19
2.1.6 Semicondutores.....	20
2.1.7 Circuitos integrados.....	24
2.2 Pré e Pós Transistor.....	25
2.3 Lixo Eletrônico.....	26
2.4 Desenvolvimento Sustentável.....	29
2.5 Desenvolvimento de Produtos.....	31
3 METODOLOGIA.....	36
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
4.1 Definição do Produto.....	38
4.2 Análise de Produtos similares.....	38
4.3 Levantamento e Análise dos Requisitos do Cliente com o do Produto....	40
4.4 Simulação dos Circuitos.....	43
4.5 Montagem Física.....	48
4.6 Análise dos Custos e dos Ganhos Ambientais.....	52
5 CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXOS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Com a invenção do transistor, no período pós Segunda Guerra, os equipamentos eletrônicos passaram a apresentar uma evolução contínua em diversos aspectos, isso proporcionou o aumento no lançamento de novos produtos e redução dos custos produtivos. A evolução tecnológica proveu um aumento significativo do consumo de eletrônicos, como consequência o ciclo de vida dos aparelhos foi reduzido consideravelmente contribuindo para a obsolescência acelerada e inviabilidade do reparo. A substituição se torna a melhor alternativa para os consumidores, entretanto diversos ambientalistas alertaram sobre os efeitos dessa prática ao ambiente.

Vários estudos foram realizados e chegou-se aos seguintes questionamentos: O que é o lixo eletrônico? Quais os efeitos dos elementos constituintes no ambiente e ao homem? De que forma esses resíduos podem ser reaproveitados?

O objetivo deste trabalho é analisar as características do lixo eletrônico e propor uma alternativa que minimize os impactos ambientais desse resíduo comprovando a viabilidade do reaproveitamento. A proposta utilizará ferramentas mais usuais no ramo de desenvolvimento de produtos, por fim será realizada uma análise de custo observando apenas os critérios funcionais para fins comparativos.

Este trabalho é validado por contribuir para a comunidade científica com ênfase aos Engenheiros de Produção, sobre a necessidade de desenvolver alternativas que comprovem a viabilidade da reciclagem desses resíduos aplicando ferramentas comuns no ramo de desenvolvimento de produtos, criando uma proposta de reaproveitamento, que, caso aplicada, estimule práticas de desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o tema abordado será o reaproveitamento de lixo eletrônico para criação de uma fonte linear variável.

1. 1 Objetivos

Nesta seção estão descritos o objetivo geral, bem como os objetivos específicos e a justificativa.

1. 1. 1 Objetivo geral

Comprovar a viabilidade econômica do reaproveitamento do resíduo eletrônico para criação de um produto.

1. 1. 3 Objetivos específicos

- Caracterizar o lixo eletrônico utilizado como referência no estudo;
- Aplicar ferramentas de desenvolvimento de produtos;
- Criar um protótipo funcional;
- Realizar uma análise comparativa de custos entre o produto desenvolvido com similares no mercado.

1. 2 Justificativa

Com a crescente preocupação ambiental e a busca pela sustentabilidade das atividades, há uma procura por técnicas e práticas que promovam desenvolvimento econômico e que garantam a possibilidade das gerações futuras fazerem uso dos recursos do meio ambiente se tornaram contínuas.

Em face disso o estado está criando leis rígidas que responsabilizam os fabricantes pelos resíduos de suas atividades, para contornar essas adversidades algumas alternativas para essa problemática estão sendo criadas. Conceitos como reciclagem estão cada vez mais inseridos em diversas camadas e vertentes da sociedade.

No Brasil, a reciclagem de produtos como os eletrônicos ainda esta em desenvolvimento, a indústria nacional ainda não percebeu o potencial lucrativo desses rejeitos. Especialistas alertam sobre o aumento desses resíduos quando o país abandonar em definitivo a transmissão analógica, consequência da rápida mudança tecnológica. Em outros países, a indústria já utiliza o reaproveitamento do

lixo eletrônico nos processos de manufatura, bem como para extração de metais nobres como o ouro.

Dessa forma, o trabalho se justifica por reunir informações a respeito do lixo eletrônico, utilizar ferramentas e metodologias comuns no ramo de desenvolvimento de produtos para criar uma proposta que reduza os impactos desse resíduo e comprove o potencial econômico da prática do reaproveitamento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica aborda as definições e características de circuitos elétricos e lixo eletrônico, o marco pré e pós transistor e o processo de desenvolvimento de produtos. A fundamentação foi baseada em bibliografia e artigos das áreas de engenharia ambiental, elétrica e produção.

2.1 Circuitos Elétricos

Segundo Souza (2003, p.13), circuitos elétricos são constituídos por componentes discretos (resistores, capacitores, diodos, transistores e indutores) e circuitos integrados, ou CI, (reguladores de tensão, CI de operações lógicas, amplificadores operacionais dentre outros). Para operacionalizar o circuito elétrico é necessária uma fonte de energia, que normalmente reúne vários elementos discretos e integrados. Albuquerque (1998, p.33) complementa a definição anterior caracterizando um circuito elétrico como um caminho fechado, onde cargas elétricas circulam por condutores; de forma simples todo circuito elétrico é formado por um gerador e um receptor, na prática isso equivale a uma pilha e uma lâmpada respectivamente.

2.1.1 Condutores

De acordo com Albuquerque (1998, p.18), condutores elétricos são materiais que possuem elétrons livres em sua constituição, por essa característica permite a passagem da corrente elétrica, podem ser sólidos, líquidos e gasosos; normalmente são metálicos devido a características concernentes ao potencial econômico (custo) e físico-química.

Segundo Albuquerque (1998, p.18,19), materiais isolantes são objetos que não permitem a passagem da corrente elétrica, pois não possuem elétrons livre

em sua constituição. Vale enfatizar o caráter relativo dessa denominação, pois em dadas circunstâncias um material isolante pode se comportar como condutor e vice e versa. Há uma classe denominada semicondutores, que se comporta como essa exceção.

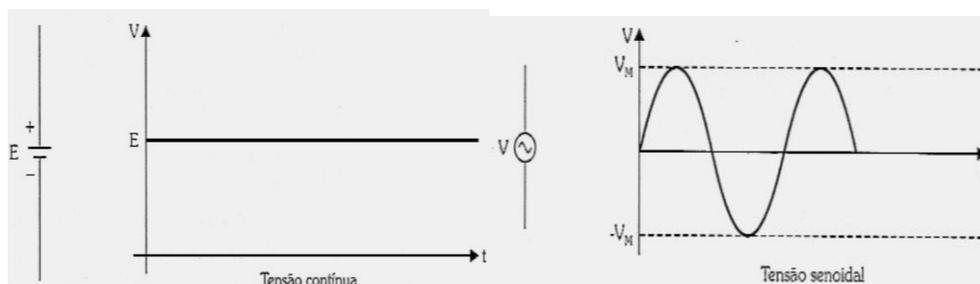
2.1.2 Grandezas elétricas

De acordo com Albuquerque (1998, p.36), a corrente elétrica é a movimentação ordenada das cargas elétricas por um condutor, a intensidade da corrente elétrica é caracterizada pela razão entre a carga por um intervalo de tempo. A unidade dessa grandeza é denominada *Ampere* (A). Para realizar a medição da corrente elétrica é utilizado um dispositivo chamado de amperímetro.

Markus (2004, p.13) define tensão elétrica como a diferença de potencial entre dois pontos, em que unidade é *volt* o (V). A tensão elétrica faz com que os elétrons livres saiam de um ponto de maior potencial para um de menor potencial. O dispositivo utilizado para medir a tensão elétrica é chamado de voltímetro.

Conforme Albuquerque (1998, p.30), um gerador de tensão é um dispositivo que por meio de ação química ou mecânica mantêm uma diferença de potencial entre dois pontos. Um gerador pode ser caracterizado como de Corrente Contínua (CC) ou Corrente Alternada (CA) – ver figura 01 -, este último é o mais utilizado por diversas questões principalmente econômicas.

Figura 01- Formas de onda da tensão contínua e alternada



Fonte: Albuquerque (1998, p.30)

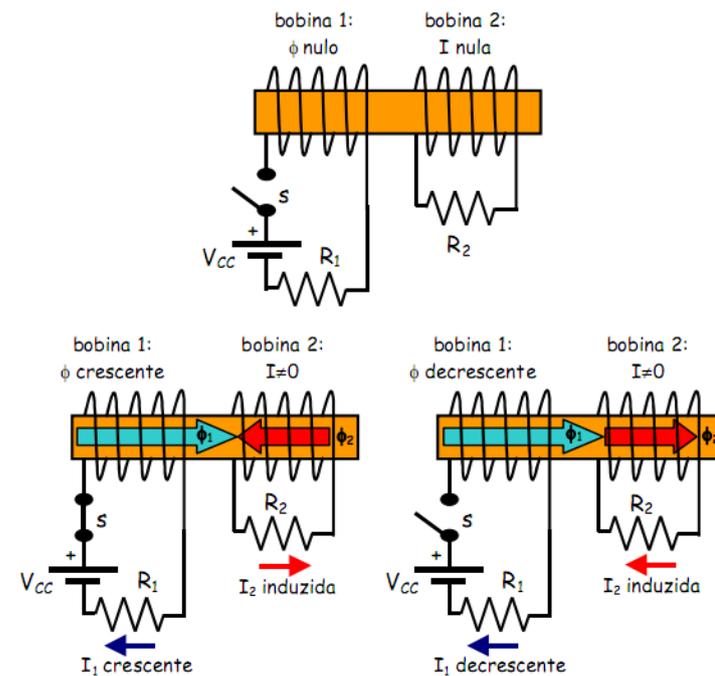
Para Markus (2004, p.17), a corrente contínua possui sempre a mesma intensidade e sentido ao longo do tempo, já a corrente alternada sua intensidade e sentido variam com o tempo podendo ter características de forma representativa senoidal, triangular e quadrada.

Segundo Kosow (1982, p.02), na geração em grande escala o princípio utilizado é o do eletromagnetismo, que consiste em gerar um campo magnético através da movimentação das cargas elétricas, ou seja, a variação do fluxo magnético resulta em um campo elétrico.

Kosow (1982, p.05,11) descreve a Lei de Lenz, onde o sentido da corrente induzida cria um campo magnético que irá fazer oposição à variação do fluxo magnético que a produziu. Com a variação do fluxo magnético há o surgimento de uma Força Eletromotriz Induzida (FEM) – Ver figura 02 -, caracterizando a Lei de Faraday.

Esses dois princípios contribuíram para o desenvolvimento de geradores e transformadores, que obedecem ao princípio de conservação de energia.

Figura 02 – Tensão induzida



Fonte: Timpler, 1984 (Apud Mussoi, 2005, p. 53)

Conforme Markus (2004, p.39), a potência elétrica está associada à razão entre quantidade de energia desenvolvida num intervalo de tempo. Basicamente, existem três expressões que representam a potência elétrica; a equação 01 representa a potência total com unidade em *Watt* (W), enquanto a equação 02 e 03 representam a potência dissipada (W) em uma resistência.

$$P = V.I$$

(01)

$$P = R.I^2 \quad (02)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (03)$$

Onde:

P = Potência;

R = Resistência;

V = Tensão;

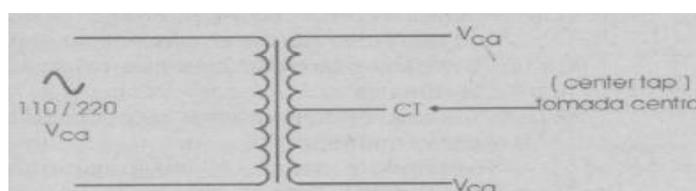
I = Corrente.

2.1.3 Indutância

Segundo Markus (2004,p. 100-106), a indutância é a capacidade de um dispositivo em acumular energia magnética por meio de um fluxo criado por uma corrente, sendo o indutor o componente que possui essa característica. Um indutor é composto por um núcleo de ferro especial envolvido por um fio esmaltado. A unidade dessa grandeza é chamada de *Henry* (H) e a associação dos indutores segue a mesma característica dos resistores que será posteriormente abordado. O instrumento utilizado para medição da indutância é chamado de indutímetro. Em regime contínuo o indutor funciona como se fosse um curto-circuito.

Conforme Stevenson (1986, p.147), o transformador é um dispositivo utilizado para elevar ou rebaixar a tensão, a representação gráfica é demonstrada na figura 03, sendo caracterizado como elemento que tem em sua constituição duas ou mais bobinas que são enlaçadas por um mesmo fluxo. As bobinas são colocadas em um núcleo de ferro, objetivando confinar o fluxo para enlaçar todas as bobinas, que podem estar interligadas em série ou em paralelo.

Figura 03 – Representação do transformador



Fonte: Braga (2005, p.15)

Kosow (1982, p. 516) define que um transformador ideal é regido pela equação 04.

$$\alpha = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I'_1} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (04)$$

Onde:

α é a relação das espiras primárias para as secundárias ou relação de transformação;

I'_1 é o componente da carga da corrente primária;

I_2 é a corrente secundária ou de carga;

N_1 e N_2 são os números de espiras do primário e secundário, respectivamente;

E_1 e E_2 é a força eletromotriz do primário e secundário respectivamente;

V_1 e V_2 é a tensão do primário e secundário respectivamente;

Albuquerque (1993, p.29) diz que um transformador só pode ser utilizado com corrente alternada sendo aplicada no primário, dessa forma aparecerá uma tensão no secundário, pois há variação do fluxo de indução magnética. Caso seja utilizada uma tensão contínua no primário, não haverá variação do fluxo de indução magnética, conseqüentemente não haverá tensão no secundário.

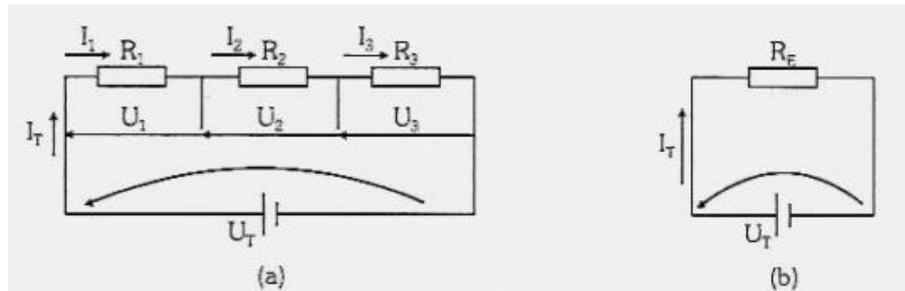
2.1.4 Resistência

Markus (2004, p.25) define resistência como sendo uma característica intrínseca do material, que representa a oposição à passagem de corrente elétrica. O valor da resistência depende basicamente, além da natureza do material, das suas dimensões e temperatura. A unidade dessa grandeza é denominada *Ohm* (Ω) e o dispositivo elétrico que possui essas características é chamado de resistor que pode possuir um valor fixo ou variável (Potenciômetro e trimpot). O dispositivo utilizado para medição da resistência é chamado de ohmímetro.

Segundo Albuquerque (1998, p.69), nos circuitos elétricos muitas vezes se faz necessário fazer associação de resistores para obtenção de valores específicos de resistência, existem três tipos de associações:

Associação série: é um tipo de associação em que a corrente circulante é a mesma em todos os componentes, havendo divisão da tensão, a disposição dos componentes segue a figura 04 e o modelo matemático utilizado segue a equação 05;

Figura 04 – Associação de resistores em série

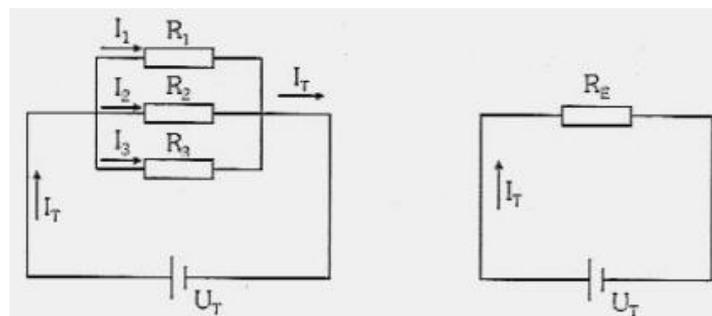


Fonte: Albuquerque (1998, p. 69)

$$R_E = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (05)$$

Associação em Paralelo: é caracterizada por uma associação onde a tensão nos resistores é a mesma, no entanto há divisão da corrente, a disposição dos componentes segue a figura 05 e o modelo matemático utilizado segue a equação 06;

Figura 05 – Associação de resistores em paralelo



Fonte: Albuquerque (1998, p. 74)

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (06)$$

Associação Mista: é a combinação das associações série e paralelo, não havendo modelo matemático para calcular a resistência equivalente.

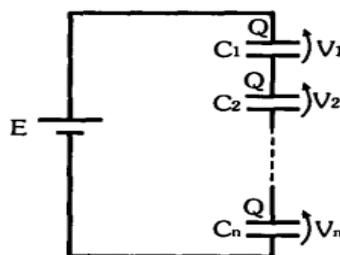
2.1.5 Capacitância

Segundo Markus (2004, p.82), a capacitância é a capacidade de um dispositivo em acumular cargas elétricas, sendo o capacitor o componente que possui essa característica. Um capacitor é formado por duas placas elétricas, separadas por um material dielétrico (isolante) que ao se aplicar uma diferença de potencial há transferência de carga. Vale enfatizar, que no capacitor não há passagem de corrente elétrica, sua unidade é conhecida como *Farad* (F). O aparelho utilizado para medir a capacitância é chamado de capacitímetro.

Conforme Markus (2004, p.86), os capacitores seguem a mesma lógica dos resistores, faz-se necessária a associação para aquisição de uma capacitância equivalente, nesse caso as associações se dão pela seguinte forma:

Associação Série: a carga dos capacitores se mantém, entretanto há divisão da tensão, a disposição dos componentes se dá na figura 06 e o modelo matemático segue a equação 07;

Figura 06 – Associação de capacitores em série



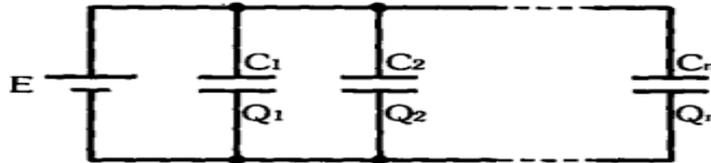
Fonte: Markus (2004, p.86)

$$\frac{1}{C_E} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (07)$$

Associação em paralelo: a ligação em paralelo possibilita que a tensão total seja a mesma em todos os capacitores, no entanto a carga total é dividida entre

os componentes, a disposição pode ser vista na figura 07 e o modelo matemático utilizado para obter a capacitância equivalente segue a equação 08;

Figura 07 – Associação de capacitores em paralelo



Fonte: Markus (2004, p.89)

$$C_E = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (08)$$

Conforme Braga (2005, p.20), a principal aplicação dos capacitores é no estágio de filtragem das variações de tensão (*ripple*) em circuitos elétricos.

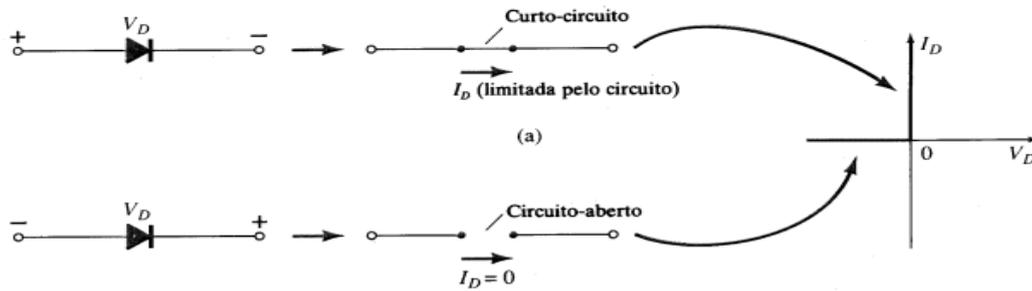
2.1.6 Semicondutores

Segundo Braga (2005, p.14), semicondutores são componentes que conduzem ou não eletricidade em condições específicas. O diodo é o componente base dos semicondutores, dele foi possível desenvolver transistores e circuitos integrados.

Para Boylestad; Nashelsky (1999, p.01), a característica de um diodo é funcionar com o princípio de uma chave conduzindo apenas por um único sentido, a figura 08 mostra a representação gráfica de um diodo.

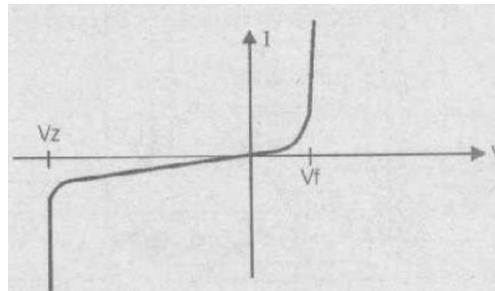
De acordo com Braga (2005, p.17); Boylestad; Nashelsky (1999, p.01), o diodo é um componente que possui polarização, conforme a figura 08, na qual o anodo é o polo positivo, enquanto o catodo é o polo negativo, a figura descreve o comportamento do diodo em polarização direta e polarização inversa. Por convenção o diodo conduz quando a tensão atinge 0,7 V. O gráfico 01 mostra a curva característica de condução do diodo (V_f) quando este rompe a barreira de depleção que é uma região onde os íons negativos e positivos não combinados estão situados, esse fenômeno pode ser visto na figura 09.

Figura 08 – Diodo em condução e em corte



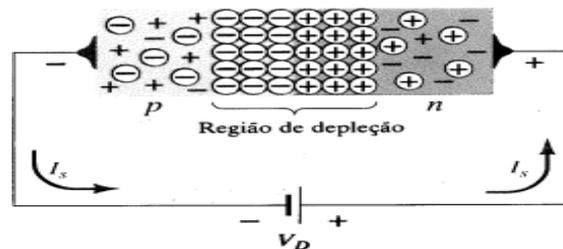
Fonte: Boylestad; Nashelsky (1999, p. 02)

Gráfico 01 – Condução do diodo



Fonte: Braga (2005, p.17)

Figura 09 – Região de depleção



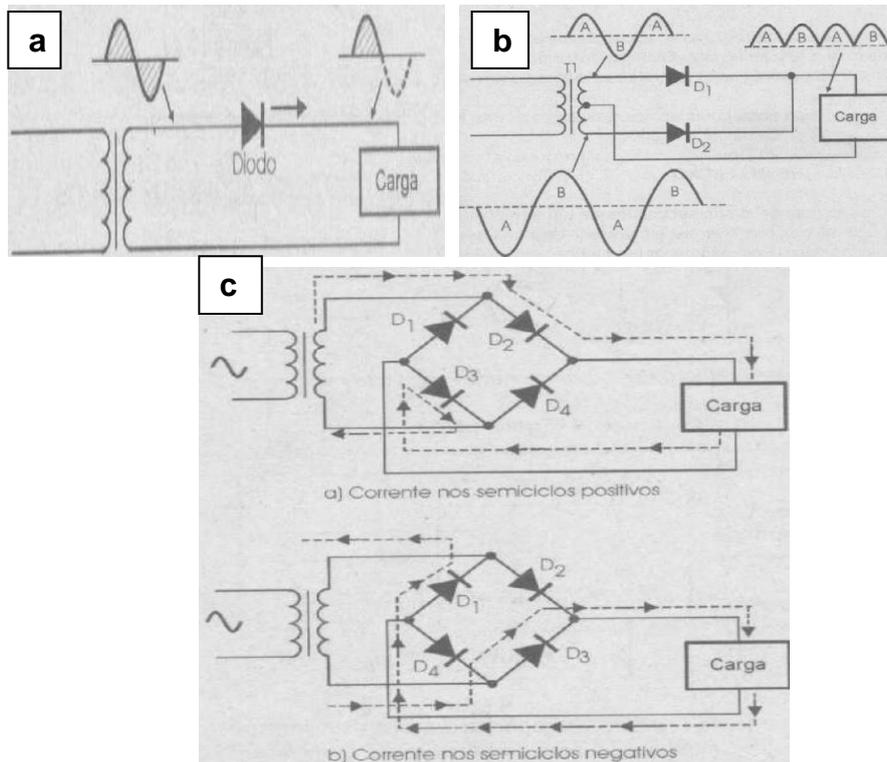
Fonte: Boylestad; Nashelsky (1999, p. 02)

De acordo com Braga (2005, p.16 – 19), nos circuitos elétricos os diodos podem ser dispostos associados com outros diodos, formando pontes retificadoras que possuem uma maior eficiência na retificação da tensão CA disponível na rede. A figura 10a mostra um retificador de meia onda, onde a retificação é feita por um único diodo, possuindo baixa eficiência, entretanto na figura 10b mostra a retificação em onda completa e na figura 10c mostra a disposição dos diodos em ponte, comprovando uma maior eficiência na retificação.

Boylestad; Nashelsky (1999, p.01) comenta que há diodos especiais como o diodo zener que são utilizados em paralelo em circuitos para estabilização de tensão. Normalmente há o surgimento de uma tensão negativa (V_z) conforme evidenciado no gráfico 01. Pode-se verificar na figura 11 a representação de um diodo zener

Segundo Boylestad; Nashelsky (1999, p.78), o transistor é um componente que possui 2 diodos internamente, que apresentam duas funções básicas: chaveamento e amplificação. Para polarização do componente existem três terminais que são chamados de base (B), emissor (E) e coletor (C). Com a alocação das camadas semicondutoras estes formam os transistores de configuração PNP e NPN, ver figura 12.

Figura 10 – Retificador



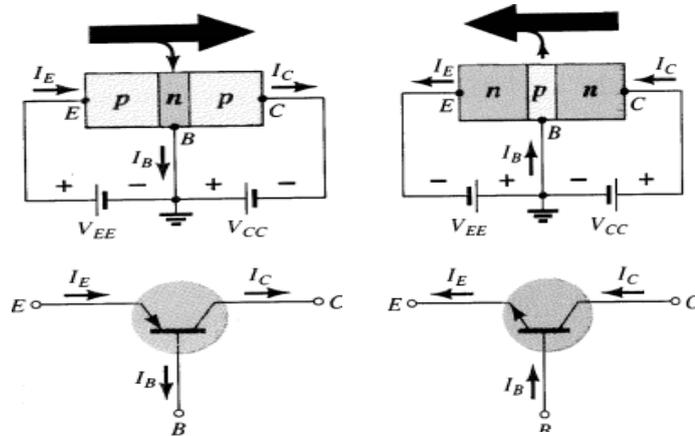
Fonte: Braga (2005, p.17-18)

Figura 11 – Representação do diodo zener



Fonte: Braga (2005, p. 21)

Figura 12 – Configuração de transistores

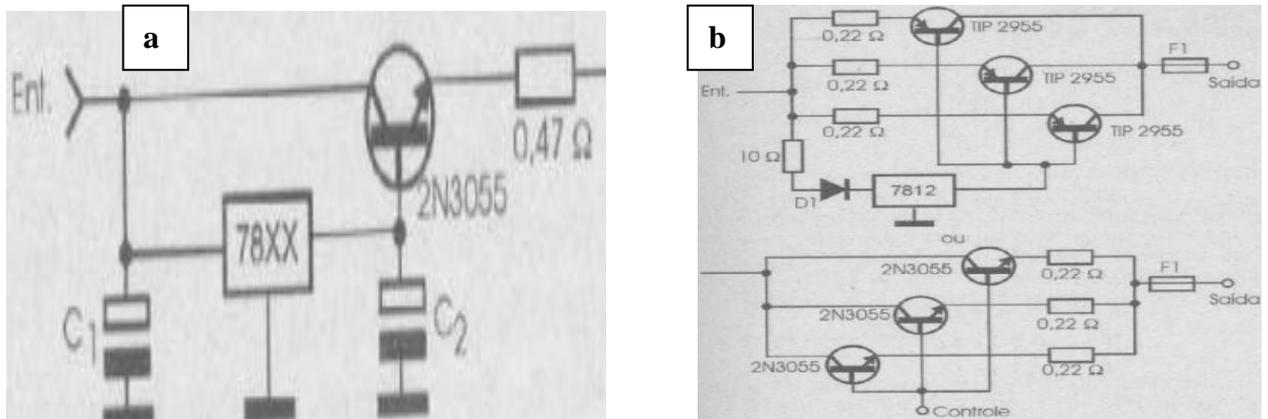


Fonte: Boylestad; Nashelsky (1999, p. 79, 80)

Boylestad; Nashelsky (1999, p.79) afirma que quando é aplicada uma tensão de 0,7V na base do transistor ele passa a conduzir. A figura 12 mostra o sentido da condução para as configurações PNP e NPN.

Segundo Braga (2005, p.31), os transistores são muito aplicados quando se quer amplificar a capacidade de corrente no circuito, sendo alocados em paralelo com os outros componentes do circuito. Uma aplicação comum é em circuitos que utilizam reguladores da família 78XX, que possuem em média uma corrente máxima de 1A, para aumentar o potencial de alimentação utiliza-se transistores de potência como o 2N3055, que possui uma capacidade máxima de 15A, em paralelo com o regulador, essa configuração pode ser observada na figura 13a.

Figura 13 – Utilização do transistor em paralelo

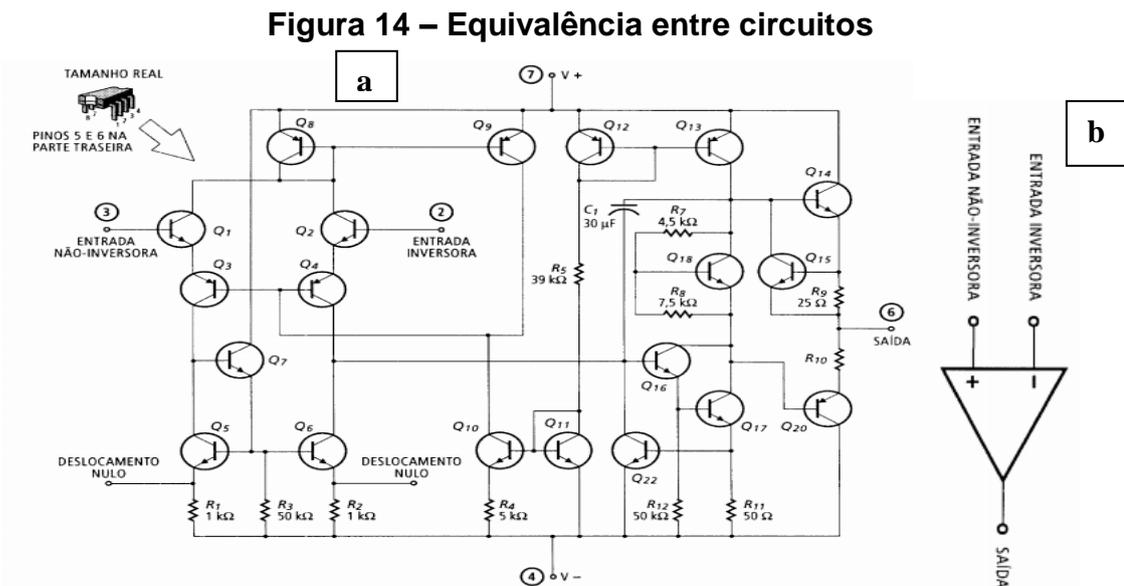


Fonte: Braga (2005, p. 32, 33)

Na obra de Braga (2005, p.33), há uma recomendação prática em circuitos é a utilização de vários transistores em paralelo para aumentar a vida útil do componente minimizando o aquecimento. Essa aplicação apresenta discordâncias, pois na prática os transistores possuem resistências internas diferenciadas causando o desequilíbrio da carga. Em uma situação anormal o transistor que circula a maior corrente seria danificado, para solucionar essa adversidade são colocados resistores de pequena resistência para equilibrar a carga circulante. A figura 13b mostra o método chamado de transistor *Shunt*.

2.1.7 Circuitos integrados

Andrey (1999, p.201) define circuitos integrados como componentes que executam diversas funções como multiplicativas, aritméticas, integrativas e derivativas, por fim comparativas. A base da tecnologia é proveniente dos semicondutores, em especial os transistores. Em seu encapsulamento pode-se encontrar diversos resistores, transistores e capacitores invisíveis a olho nu, o amplificador operacional é um exemplo desta situação. A figura 14a mostra o grau de integração dos circuitos integrados, enquanto a figura 14b mostra a representação gráfica do componente.



Fonte: Andrey (1999, p. 202, 205)

Andrey (1999, p.204) reforça a importância de diferenciar circuitos integrados lineares dos digitais, os lineares normalmente o sinal de saída é uma replica amplificada do sinal de entrada, enquanto os digitais usam sinais de impulsos e operações lógicas.

Segundo Braga (2005, p.30) os CI's mais utilizados para regulação variável de tensão é o LM317 (utilizado na operação de tensões positivas) e o LM337 (utilizado na operação de tensões negativas). Possuem capacidade de suportar corrente máxima de 1,5A, bem como proteção contra sobrecarga, são muito utilizados pela disponibilidade em lojas especializadas e o baixo custo.

2.2 Pré e Pós Transistor

Segundo MSPC (2008) As válvulas eletrônicas, como demonstrada na figura 15, são consideradas ultrapassadas, volumosas e consumidoras de energia; atualmente ainda são utilizadas em fornos microondas e televisores CRT (televisores de raios catódicos), a principal característica das válvulas é a linearidade. No passado, estas foram utilizadas para operações de chaveamento e um dos requisitos era disponibilidade de espaço, além do volume e consumo de energia, possuíam a desvantagem de operar com altas tensões o que representa um risco considerável nas operações de manutenção, além do alto custo de aquisição.

Figura 15 – Válvula eletrônica



Fonte: Vasconcelos (2003)

De acordo com Morimoto (2011), durante a década de 40 a indústria trabalhava no aperfeiçoamento da válvula elétrica buscando alternativas menos problemáticas o que impulsionou o uso de semicondutores. O primeiro protótipo de semicondutor surgiu em meados de 1947, demonstrado na figura 16. Esse modelo

por possuir grandes dimensões logo sofreu modificações de melhoria o que permitiu a redução de tamanho, melhora da eficiência energética e redução do custo final do produto. A disponibilização dos semicondutores ao mercado fizeram com que as válvulas perdessem participação no mercado.

Figura 16 - Transistor



Fonte: Morimoto (2011)

Segundo Morimoto (2011), os primeiros chips foram criados a partir da ideia de unir diversos transistores em um único encapsulamento. Desenvolvido pela fabricante Intel em 1971, o chip 4004 era composto por 2300 transistores. Mesmo com diversas limitações o chip em questão foi muito utilizado em calculadoras e em sondas da NASA. Em meados dos anos 80 a AMD entra no ramo, e até os dias atuais disputa diretamente com a Intel a fabricação de produtos relacionados à área de informática.

Para Braga (2009), entre as dez mais importantes invenções do milênio o transistor ocupa destaque, pois possibilitou a fabricação de computadores, telefones celulares e muitos outros equipamentos a um custo acessível.

2.3 Lixo Eletrônico

Moi et al (2011, p.03) define o lixo eletrônico como sendo os resíduos da obsolescência de equipamentos eletrônicos, sendo um resíduo sólido especial de recolhimento obrigatório, pois representa um grave problema para o ambiente e a saúde por possuírem metais pesados como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo.

Segundo Furtado (2011, p.10), o crescimento do volume dos resíduos sólidos é fruto do desordenado consumismo da sociedade moderna. Sua obra contém dados sobre a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 feita pelo IBGE, e mostra certa melhoria na destinação desses resíduos em solo nacional, entretanto os números apresentados ainda estão aquém do ideal. No ano 2000, o Brasil produzia 125.281 toneladas ao dia de lixo, sendo que 47,1% foram destinados aos aterros sanitários, 22,3% aos aterros controlados e 30,5% a lixões. O somatório dos percentuais mostra que 69% do lixo produzido tem um destino coerente aos regimentos ambientais, entretanto para mostrar essa disparidade o autor apresenta dados que colaboram com a inferência de que somente 10,7% dos municípios destinavam de forma correta os resíduos.

Para Moi et al (2011, p.03), a destinação do lixo eletrônico se tornou um problema de difícil solução, pois materiais sem utilidade amontoam-se nos mais diversos locais, desde terrenos baldios a margens dos rios. Esses resíduos ao entrar em contato com o solo contaminam os lençóis freáticos, quando submetidos à combustão contaminam o ar que poderá causar doenças por efeito acumulativo devido à inalação.

De acordo com Silva (2010, p.03), até pouco tempo a área de informática não era classificada como uma indústria poluidora, entretanto com o avanço tecnológico os computadores se tornam obsoletos a cada 2 anos contribuindo para o aumento dos impactos ambientais.

Maciel (2011, p.06) com base em dados estatísticos afirma que há mais ouro em uma tonelada de lixo eletrônico do que em 17 toneladas do minério bruto do metal. Oliveira et al (2010, p.02) alerta que com a difusão dos televisores LCD e com o fim da transmissão analógica em 2016 no Brasil, milhares de televisores CRT serão descartados, esse mesmo efeito ocorreu no ano de 2009 nos EUA com o fim da transmissão analógica.

Segundo Lima et al (2009, p.03), as Nações Unidas recomenda o reparo e o comércio de recicláveis, na União Europeia é visível a preocupação com a problemática, pois com a Convenção da Basileia o descarte do lixo eletrônico em aterros e exportações para outros países desde os anos 90 foi vetado. Nos EUA existem leis destinadas ao descarte de baterias, no Canadá existem impostos que incidem sobre os aparelhos eletrônicos que contêm certos elementos químicos.

Lima et al (2009, p. 05-06) relata que no Brasil, o lixo eletrônico ainda não é considerado como insumo industrial. Dados mostram que entre 50% a 80% do lixo eletrônico reciclado nos EUA, acaba sendo exportado para países em desenvolvimento, como o Brasil, onde é incinerado para recuperação dos metais. Esse procedimento normalmente é feito de forma ilegal e acaba contaminando o ar.

Conforme Lima et al (2009, p.07), o destino do lixo eletrônico no Brasil ainda é desconhecido, mesmo com o crescimento no consumo de eletrônicos não há uma legislação ambiental nacional que estabeleça o destino correto desses resíduos e responsabilize os fabricantes pelo seu descarte, a única resolução vigente sobre o lixo eletrônico é a 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Essa resolução estabelece diretrizes para o uso de pilhas e baterias, bem como responsabiliza os fabricantes pela coleta e encaminhamento para reciclagem.

Oliveira et al (2010, p.02) ratifica o autor anterior relatando que no ano de 2010 foi aprovada a lei 12305/2010 que possui os seguintes critérios:

No Brasil, não há uma regulamentação específica para o lixo eletroeletrônico em nível federal. Contudo, a Lei 12305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), recentemente sancionada pelo Presidente da República, prevê nos artigos 30 a 36 (Capítulo III, Seção II) a responsabilidade compartilhada de fabricantes, importadores, distribuidores e vendedores na logística reversa para os seguintes produtos pós-consumo: agrotóxicos, pilhas, baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas e produtos eletroeletrônicos. O artigo 47 proíbe a destinação inadequada de resíduos em corpos hídricos (rios, mares etc.) e a céu aberto (como lixões). (OLIVEIRA et al, 2010, p,03)

Entretanto o Brasil está aquém de fazer uso da possível geração de receitas pela reutilização do lixo eletrônico. Pode-se evidenciar o potencial lucrativo no seguinte trecho:

No Brasil enquanto uns não querem nem saber do destino do e-lixo, outros já descobriram oportunidades de lucro vindas dessa nova sucata. Os países em desenvolvimento foram os primeiros a perceber como tirar proveito do que está sendo jogado fora. Metais preciosos como a prata e o ouro, além de valiosos, podem ser 98% reutilizados. Uma das maiores empresas de reciclagem da Itália, a *Geodis Logistics*, garante que 94% dos componentes de um microcomputador são reaproveitáveis. (LIMA et al, 2009, p.08)

Neto (2010, p.13) define RoHS (Restrição ao uso de substâncias perigosas) como uma diretiva instaurada em 1º de Julho de 2006 pela União Européia que proíbe a comercialização em seu território europeu de produtos eletrônicos que contenham metais pesados como chumbo, cádmio, mercúrio e

romo. O autor complementa com a afirmativa de que a legislação brasileira não restringe o uso de chumbo nas soldas dos eletrônicos, entretanto há indústrias que se dispuseram a utilizar soldas isentas de chumbo recomendado pela norma ISO 14000:2004. Há fabricantes que relatam a dificuldade na utilização de novas ligas, pois o chumbo favorece um ponto de fusão mais baixo durante a operação de soldagem. Junto com a RoHS entrou em vigor a diretiva WEEE (*Waste from Electrical and Electronic Equipment*, Lixo Vindo de Produtos Eletro-Eletrônicos) que aborda a reciclagem dos aparelhos eletrônicos.

2.4 Desenvolvimento Sustentável

Com a industrialização os recursos começaram a ficar escassos proporcionando um desequilíbrio ambiental. Diversos estudiosos alertaram sobre essa realidade:

Em termos simples, a poluição ambiental pode ser definida como toda ação ou omissão do homem que, pela descarga de material ou energia atuando sobre as águas, o solo e o ar, cause um desequilíbrio nocivo, seja ele de curto, seja ele de longo prazo, sobre o meio ambiente. Seus efeitos mais sensíveis são a degradação da qualidade ambiental e os prejuízos a saúde, segurança e qualidade de vida do homem, afetando a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente. O poluidor deve ser uma pessoa física ou jurídica, de direito privado ou público, responsável direta ou indiretamente pela atividade causadora da degradação ambiental. (VALLE, 2001, p.27 apud VIEIRA, K.,2009, p.20)

Vieira, K. (2009, p.20) define desenvolvimento sustentável como práticas que visam garantir que os recursos sejam utilizados pelas gerações futuras, essa filosofia sustentável induziu que as indústrias passassem a aperfeiçoar seus produtos para que atendessem às exigências comerciais e ambientais.

Segundo Ferreira et al (2010, p.02), reciclar o lixo eletrônico é a alternativa mais viável atualmente, pois consiste em separar os materiais que compõem um determinado objeto para reutilizá-los como matéria prima em um processo industrial. Entretanto o autor critica uma prática muito comum realizada pelos países desenvolvidos que é a doação de aparelhos obsoletos aos países em desenvolvimento utilizando o argumento da inclusão digital, descaracterizando o objetivo da reciclagem.

Para Ferreira et al (2010, p.02-03), a maneira mais econômica de reciclagem do lixo eletrônico é o remanufaturamento ou reuso, que consiste em colocar em funcionamento eletrônicos em consonância à função original.

Na visão de Vieira, M. (2009, p. 15) logística é o gerenciamento da cadeia de suprimento envolvendo partes interessadas desde a aquisição do insumo até a distribuição. A logística tem papel importante para racionalização dos recursos que envolvem estoque, transporte, armazenagem e movimentação.

A logística reversa segue a mesma filosofia apresentada por Vieira, M. (2009, p.15) acrescida da coleta e desmontagem dos produtos.

Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros. (LEITE, 2003, p.16 apud VIEIRA, M.,2009, p.16)

É perceptível a nova vertente administrativa de reaproveitamento de produtos que haviam perdido a utilidade, agregando-lhes valor utilizando o processo de reciclagem, dessa forma as empresas além de contribuírem para o desenvolvimento sustentável, garantem marketing e lucratividade.

Segundo Fernandes (2009, p.03), os canais de distribuição reversos são divididos em:

Pós-consumo: São os produtos descartados após a sua utilização e que retornam ao ciclo produtivo. Possuem dois subsistemas: reciclagem e reuso;

Pós-venda: São produtos que possuem várias formas de retorno seja com pouco ou nenhum uso.

Para Fernandes (2009, p.03), os bens pós-consumo são classificados em duráveis, semiduráveis, e descartáveis. O autor enfatiza a importância em caracterizar o canal de distribuição reverso como um ciclo aberto quando o produto gerado é diferente do produto original e fechado quando o produto é similar ao original.

2.5 Desenvolvimento de Produtos

Segundo Machado; Piovesana (2010, p.08-10), desenvolver produtos é uma atividade que busca, a partir das necessidades, das possibilidades e observando as restrições tecnológicas chegar às especificações de um produto de forma que a manufatura possa produzi-lo. Nesse ramo é fundamental que as empresas atuem com dinamismo e flexibilidade para proporcionar diferenciais no mercado competitivo. É comum o lançamento de novos produtos que estrategicamente englobam tendências e melhorias observando as características de produtos do ramo.

Para Machado; Piovesana (2010, p.10-25), o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) possui diversas especificidades que são:

- Acentuado grau de incertezas;
- Decisões no início do processo proporcionam economia no custo final;
- As decisões iniciais, devido ao nível de maturidade dificultam as mudanças;
- As atividades devem seguir um ciclo seguindo a seguinte lógica: projetar, construir, testar e otimizar.

A classificação dos projetos de produtos são feitos utilizando diversos critérios, entretanto a visão mais usual apresentada por Rozenfeld et al (2006, p.08-09) são:

Projetos radicais: envolvem mudanças significativas no projeto do produto existente, podendo criar uma nova família ou categorias de produtos, dessa forma tem características inovadoras;

Projetos plataformas: Apresentam alterações significativas no projeto base, entretanto não há introdução de novas tecnologias e materiais. Seu objetivo é gerar soluções para os consumidores;

Projetos derivados: criam produtos e processos derivados com pequenas modificações em relação aos projetos existentes. São conhecidos por incluir versões de baixo custo de uma linha de produtos, dessa forma necessitam de menos recursos.

Segundo Rozenfeld et al (2006, p.09), nos países em desenvolvimento é comum à utilização de projetos chamados de *follow-source* (seguir a fonte), são

produtos que sofrem pequenas mudanças para adequar ao padrão de consumo dos consumidores locais.

Conforme Rozenfeld et al (2006, p.43-69), a definição das macrofases de desenvolvimento são:

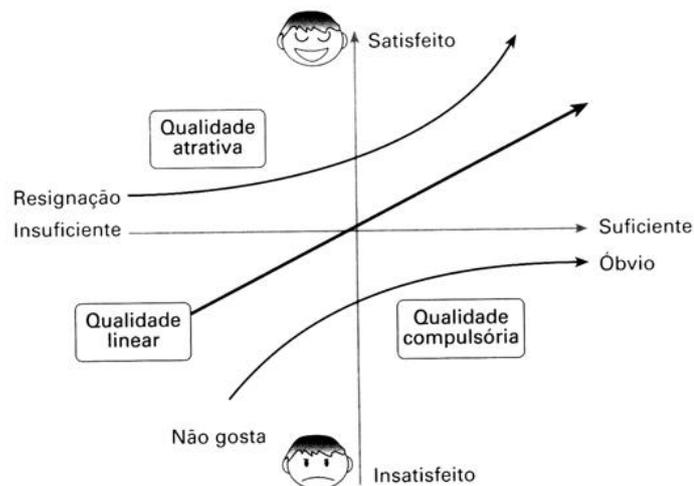
Pré desenvolvimento: objetiva garantir o direcionamento estratégico utilizando todos os recursos e informações colhidos para mapear a situação e oportunidades do mercado;

Desenvolvimento: visa integrar as fases de pré e pós desenvolvimento;

Pós desenvolvimento: consiste no acompanhamento do comportamento do produto para realizar eventuais ajustes ou até mesmo descontinuidade do produto no mercado.

Para Carmo (2010, p. 18-20), a identificação das necessidades dos clientes é o primeiro passo para o sucesso do produto, a aquisição desses dados são obtidas por listas de verificação, observação direta, entrevistas e grupos de foco ou usando qualquer metodologia para interagir com diferentes clientes. Dessa forma, deve-se agrupar as informações eliminando as repetidas ou sem relevância, pois os requisitos dos clientes devem possuir aspectos funcionais, fatores humanos, propriedades, espaço e confiabilidade. Um dos vários métodos usuais é realizar um *benchmarking*, ou seja, uma comparação com os produtos disponíveis no mercado que concorrerem com o produto em desenvolvimento. Uma maneira de visualizar de forma gráfica esses requisitos é pelo diagrama de Kano, exibido no gráfico 02.

Gráfico 02 – Diagrama de Kano



Fonte: INPA, 2008

Segundo Rozenfeld et al (2006, p. 221), o diagrama demonstra que existem requisitos no produto considerados básicos que não incrementam a satisfação do cliente, sendo que geralmente não são comentados pelo cliente. Os requisitos de desempenho esperado são os requisitos que são verbalizados pelos clientes, quanto maior seu desempenho maior será o grau de satisfação do consumidor.

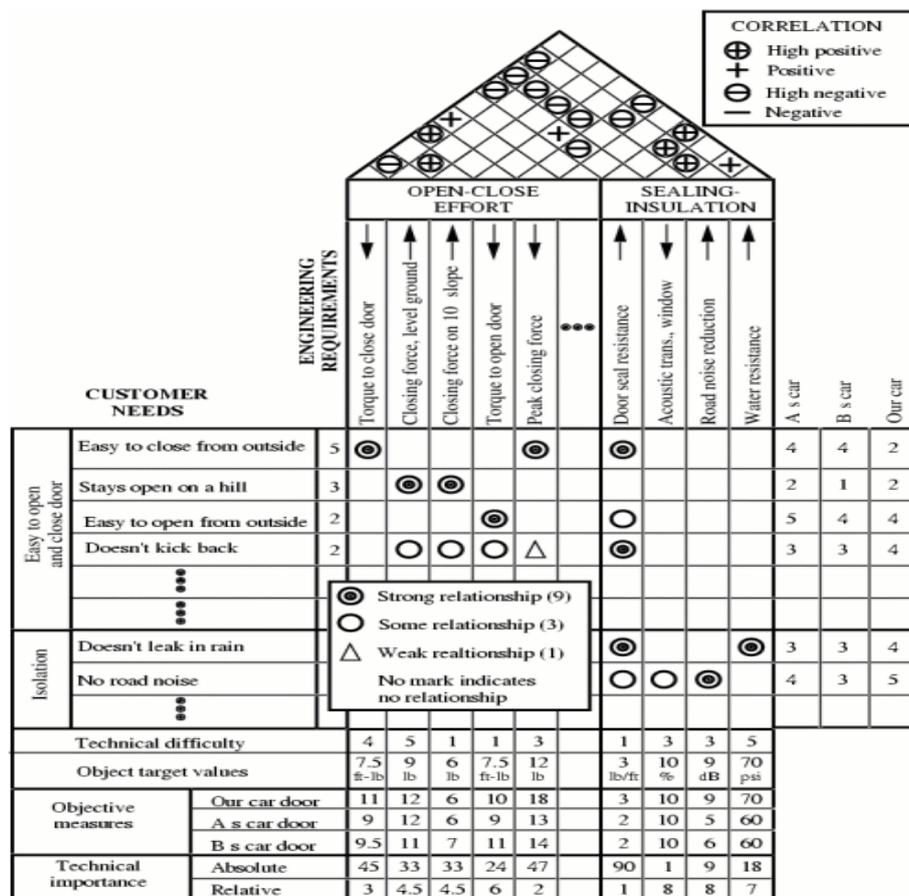
De acordo com Carmo (2010, p. 15-18), a utilização de métodos e ferramentas para apoiar as atividades de PDP são fundamentais para o sucesso de criação de um produto. O método mais usual no processo de desenvolvimento é o QFD (*Quality Function Deployment*) que avalia as características do produto com os requisitos do cliente, é uma ferramenta importante para analisar os anseios dos consumidores, essa ferramenta pode ser visualizada na figura 17. Outras ferramentas que dinamizam o PDP são softwares de simulação que fornecem informações prévias a respeito do protótipo. Após a aquisição dos dados o responsável pelo projeto deve transformar os requisitos do cliente em requisitos do produto fazendo uso de ferramentas como *brainstorming* e *check-list*.

Para Braga (2011); Stabile (2011), no ramo da eletrônica um dos *softwares* mais utilizados é o EWB Multisim que em 2005 passou a ser comercializado pela National Instruments. É um programa que possui uma vasta biblioteca de componentes eletrônicos e tem como função simular o comportamento de circuitos elétricos fornecendo diversas informações ao projetista, bem como auxilia no desenvolvimento de *layouts* em placas de circuito impresso (placas condutoras). As principais vantagens do programa são: *Interface* simplificada, possibilidade de trabalhar com qualquer computador fazendo projetos e simulações, simula circuitos de alta frequência comuns no ramo de telecomunicações e dispõe de instrumentos virtuais da Tektronics e Agilen que permitem testes de alta complexidade. Mesmo dispondo de tantas funcionalidades, o Multisim apresenta algumas desvantagens como: A cor *background* do osciloscópio, manual complexo e *bugs* em certas ocasiões de simulação. Outro software que facilita o PDP de eletrônicos é o TrafoCalc, que provê todas as especificações necessárias para construção de um transformador, desde o número de espiras até o diâmetro dos condutores conforme as especificações da tabela AWG.

Machado; Piovesana (2010, p.50-52) enfatiza a importância de reunir conhecimentos multidisciplinares no processo de PDP e que a integração desses conhecimentos podem prover soluções inovadoras. A adoção de modelos de referência de forma genérica serve para definir a área de atuação do produto, bem como definir as especificações-meta do produto (quantificar as especificações).

De acordo com Carmo (2010, p.20-26), O QFD auxilia os desenvolvedores na busca do consenso das diferentes definições do produto. Os principais benefícios desta ferramenta são: redução das alterações no projeto do produto, diminuição do ciclo de vida do projeto, reduz consideravelmente o custo de operação inicial, melhora a comunicação entre os agentes de desenvolvimento, redução das reclamações, traduz as necessidades dos clientes em requisitos mensuráveis e possibilita quais características terão mais relevância para o sucesso do produto.

Figura 17 - QFD



Fonte: Utexas, 2007

De acordo com Rozenfeld et al (2006, p.240-243), uma ferramenta muito utilizada no PDP é a modelagem funcional do produto, que basicamente consiste em descrever o produto em um nível abstrato para possibilitar a estrutura sem comprometer o espaço de pesquisa de soluções. O método de modelagem funcional mais comum entre os desenvolvedores é o modelo FAST, que consiste em definir, analisar e entender as funções do produto e como elas se relacionam. Dessa forma, é formulada uma árvore de funções com orientação horizontal descrita pelas dimensões “como” e “porque” que auxiliam de maneira lógica as funções do sistema.

Segundo Rozenfeld et al (2006, p. 259), após o desenvolvimento das soluções utilizando as ferramentas anteriormente descritas são relacionadas e desdobradas em sistemas, subsistemas e componentes. Em seguida, o produto deve ser caracterizado conforme o tipo de arquitetura, podendo ser:

Modular: é caracterizada por módulos implementam uma ou poucas funções, não existindo o compartilhamento de funções entre os vários módulos. Nesse tipo de arquitetura uma mudança em um módulo não afeta os outros módulos, pois são projetados de forma independente;

Integral: é caracterizada por ter funções distribuídas em vários componentes, as interações entre componentes não são bem definidas e qualquer mudança necessitará um retrabalho, pois será necessário alterar diversos módulos.

Para Rozenfeld et al (2006, p. 270-272), alguns projetos de produtos utilizam a filosofia DFM (Projeto para Manufatura) que é uma abordagem que visa à redução de custo sem sacrificar a qualidade do produto. Dessa forma, o produto interage com os vários componentes do sistema de manufatura, ou seja, objetiva que o produto possua componentes que sejam fáceis de serem fabricados e substituídos.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho utilizará pesquisas bibliográficas, artigos e informações disponíveis na internet envolvendo vertentes da engenharia eletrônica, ambiental e produção. Segundo Carvalho et al (2004), a pesquisa bibliográfica é o requisito chave para iniciar uma investigação, que após a escolha do tema a ser abordado, auxilia na definição dos métodos e na validade da pesquisa.

Um trabalho que tratasse da pesquisa bibliográfica não poderia deixar de conter explicações e estas devem seguir um fluxo que facilite a compreensão e a aplicação. Por esse motivo, abordamos primeiramente o conceito, depois as características e outros mais, até chegarmos ao exemplo, os anexos e a referencia bibliográfica. Tudo uma linguagem acessível visando um entendimento primário sobre como se iniciar a pesquisa desejada. (CARVALHO et al, 2004)

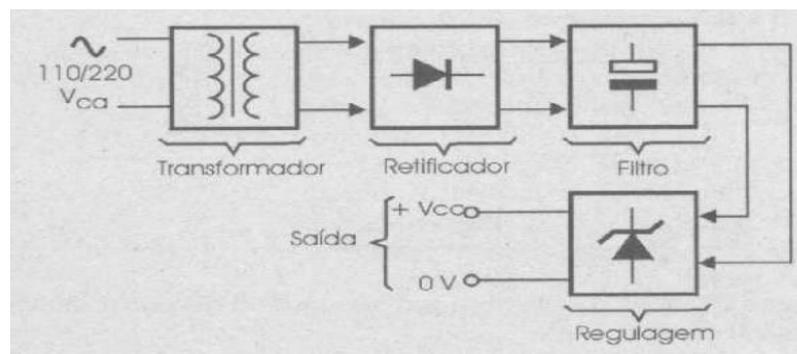
A finalidade da proposta é aplicar os conceitos das três áreas de conhecimento em questão, objetivando descrever o processo de desenvolvimento desde o surgimento da ideia até a montagem do protótipo. O material que servirá como base para criação do protótipo será doado por lojas do ramo de informática e construção civil, sendo composto por estabilizadores, reatores, *no-breaks*, fontes de computadores e gabinetes de computadores. Para efetuar a montagem da proposta todas as ferramentas necessárias são propriedade do autor do trabalho, o que significa que na análise de custos será considerado um acréscimo de 10% pela utilização do ferramental e outros materiais.

Para definir as características da proposta serão utilizadas informações do profissional Newton C. Braga, em seguida os dados serão inseridos em uma planilha, disponibilizada no site SIQUEIRACAMPOS (1992), que simplifica a aplicação da ferramenta QFD.

O critério de eliminação dos atributos sem relevância para o protótipo seguirá o parâmetro do cálculo da média da pontuação de todos os atributos; em seguida o valor da média será dividido por 2, pois a classificação dos atributos é satisfatória ou insatisfatória. O valor obtido será a referência para a eliminação, logo os valores abaixo da referência do valor serão descartados, enquanto os valores acima serão considerados na criação do produto. Por fim, será elaborado um diagrama funcional utilizando a ferramenta FAST para alinhar os requisitos do cliente com o do produto, objetivando reduzir o número de modificações no projeto base, economizando tempo e recursos.

A descrição da montagem do protótipo obedecerá à sequência demonstrada na figura 18.

Figura 18 – Diagrama de conversão



Fonte: Braga, 2005, p.10

O diagrama esquemático da fonte será obtido em sites de projetos eletrônicos e testado utilizando o simulador de circuitos Multisim 11.01. Para criação do transformador será utilizado o Trafocalc que mostra as relações de espira, tensão, corrente e espessura do condutor. Será utilizado um paquímetro para adquirir a espessura do condutor e seguir a recomendação do programa. Caso haja algum componente que não possa ser substituído por outro similar da sucata, será adquirido em lojas de eletrônica e o valor será acrescido no valor total da construção para comparação de custos com um produto vendido de mesma funcionalidade, desprezando características que não sejam funcionais.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base no referencial apresentado, comprovar a viabilidade do reaproveitamento serão demonstradas as etapas do desenvolvimento do produto.

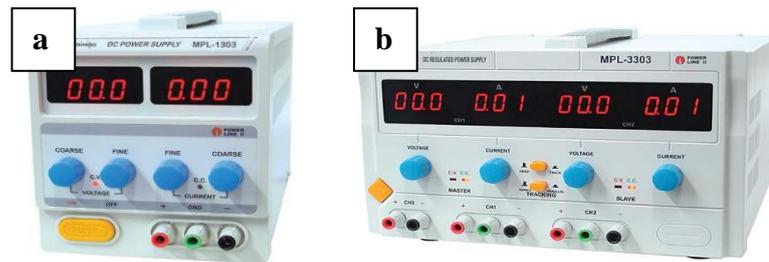
4.1 Definição do Produto

Realizando uma análise dos equipamentos sucata eletrônica doada, verificou-se que são ricos elementos que constituem fontes lineares, como resistores, transformadores, condutores, capacitores e semicondutores. Após uma pesquisa de mercado, constatou-se que as fontes lineares são equipamentos eletrônicos que possuem um preço elevado e suas características são subdimensionadas, como o potencial de fornecimento de corrente elétrica.

As fontes lineares são equipamentos utilizados na manutenção de equipamentos eletrônicos, atividades acadêmicas e desenvolvimento de circuitos eletrônicos. Dessa forma, o produto a ser desenvolvido será uma fonte linear variável.

4.2 Análise de Produtos Similares

Para conhecer os atributos e funcionalidades que constarão no protótipo, faz-se necessário realizar uma pesquisa envolvendo produtos similares disponíveis no mercado. Os produtos das figuras 19a e 19b têm as seguintes características descritas quadros 01 e 02.

Figura 19 – Fontes variáveis

Fonte: MRE FERRAMENTAS, 2011

Quadro 01 - Descrição da fonte figura 19a

- MPL -1303
- Alta estabilidade e baixo ripple.
 - Duplo display LCD de fácil leitura para apresentação simultânea da tensão e corrente de saída.
 - Saída Variável: 0 ~ 30V DC / 0 ~ 3A DC.
 - Possibilidade de operação contínua mesmo nas condições de máxima carga.
 - Circuito de proteção de sobrecarga.
 - Proteção de inversão de polaridade.
 - Isolação entre Chassis e Terminal de Saída: $\geq 20\text{MOaHMS}$ (500V DC).
 - Ambiente de Operação: 0 ~ 40°C, RH < 80%.
 - Ambiente de Armazenamento: -10°C ~ 60°C, RH < 85%.
 - Alimentação: 110 / 220V AC $\pm 10\%$, 50 / 60Hz selecionável.
 - Consumo: 200W Máximo.
 - Dimensões: 160(A) x 140(L) x 290(P)mm.
 - Peso: Aprox. 4,5kg.
 - Preço: R\$ 400,00

Fonte: MRE FERRAMENTAS, 2011

Quadro 02 – Descrição da fonte figura 19b

- MPL -3303M
- Alta estabilidade e baixo ripple.
 - Duplo display LCD de fácil leitura para apresentação simultânea da tensão e corrente de saída.
 - Saídas Variáveis: 0 ~ 30V DC / 0 ~ 3A DC (2 Fontes Independentes).
 - Saída Fixa: 5V / 3A.
 - Ajuste da tensão e corrente através de um potenciômetro de precisão.
 - Configuração dos modos série, paralelo e simétrica através do painel frontal (tracking).
 - Possibilidade de operação contínua mesmo nas condições de máxima carga.
 - Resfriamento com ventilação forçada.
 - Circuito de proteção de sobrecarga.
 - Proteção de inversão de polaridade.
 - Isolação entre Chassis e Terminal de Saída: $\geq 20\text{MOaHMS}$ (500V DC).

- Isolação entre Chassis e Cabo AC: $\geq 100\text{MOaHMS}$ (500V DC).
 - Ambiente de Operação: $0 \sim 40^\circ\text{C}$, RH < 80%.
 - Ambiente de Armazenamento: $-10^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$, RH < 85%.
 - Alimentação: 110 / 220V AC $\pm 10\%$, 50 / 60Hz selecionável.
 - Consumo: 450W Máximo.
Preço: R\$ 684,00

Fonte: MRE FERRAMENTAS, 2011

O produto da figura 19a apresenta um display LCD para visualizar a tensão ajustada profissional e proteção de sobrecarga, entretanto não há proteção para curtos circuitos. O produto da figura 19b possui características de melhor desempenho do que o produto 19a, por possuir fontes independentes, ventilação forçada e utiliza o artifício da simetria, ou seja, possibilidade de somar tensões, contudo carece de proteção para curto circuitos. O preço de ambos os equipamentos são elevados o que dificulta o acesso por grupos específicos de consumidores, principalmente os acadêmicos de engenharia elétrica.

4.3 Levantamento e Análise dos Requisitos do Cliente com o do Produto

Com as informações do especialista Newton C. Braga, gerou-se os seguintes requisitos:

- Proteção anticurto;
- Possuir entre 12-24V;
- Corrente acima de 3A;
- Tensão variável com baixo ripple;
- Iluminação e display de tensão;
- Saída de tensão independente de fácil acesso;
- Refrigeração do circuito;
- Facilidade de manutenção por utilizar componentes comuns no mercado;
- Ajuste de corrente;
- Ambientalmente correto.

Os requisitos do produto foram elaborados conforme a limitação tecnológica e de material reaproveitável disponível, consistindo em:

- Proteção com fusível 4A;
- Proteção eletrônica com amplificador operacional;
- Proteção por relé;
- Proteção com diodos;
- Fonte de alimentação simétrica variável 24+ 24V 4A;
- Fonte de alimentação variável 30V 3A corrente ajustável;
- Lâmpada 12V;
- Fonte fixa 9V;
- Fonte fixa 12V;
- Fonte fixa 5V, 9V e 12V X 3A;
- Cooler 12V;
- Multímetro digital;
- Bornes 4mm;
- Coolers de ventilação 12V;
- Dissipadores de alumínio;
- Gabinete 40x50 cm.

Os dados foram inseridos na planilha da matriz QFD, podendo ser visualizado no anexo A. O resumo do resultado é evidenciado na tabela 01. Vale ressaltar que as especificações abaixo de 132 pontos foram excluídas, por ser o valor de referência para o projeto do produto.

Tabela 01 – Resumo da Matriz QFD

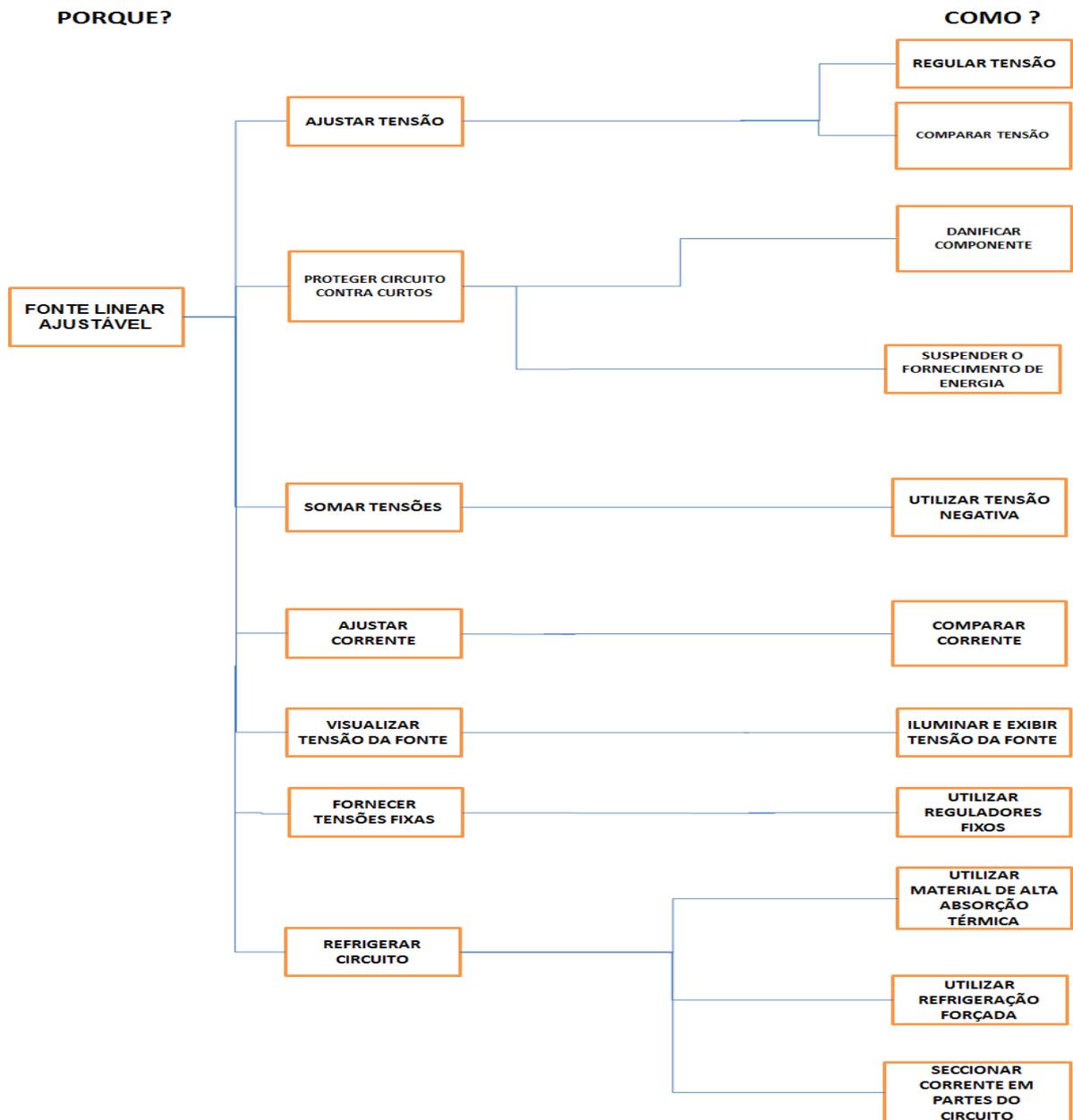
Item	Pontuação
Proteção com fusível 4A	213,2
Proteção eletrônica com amplificador operacional	213,2
Proteção com diodos	213,2
Fonte de alimentação simétrica variável 24+ 24V 4A	521,1
Fonte de alimentação variável 30V 3A corrente ajustável	639,5
Fonte fixa 5V, 9V e 12V X 3A	389,5
Bornes 4mm	165,8
Multímetro digital	280,5
Coolers de ventilação 12V	213,2

Dissipadores de alumínio	307,9
Lâmpada 12V	280,5
Gabinete 40x50 cm	244,7

Fonte: Autor

Com as informações geradas pela matriz QFD foi realizada uma modelagem funcional, visualizado no gráfico 03, para definir a funcionalidade do produto e posteriormente os sistemas, subsistemas e componentes.

Gráfico 03 – Modelagem Funcional



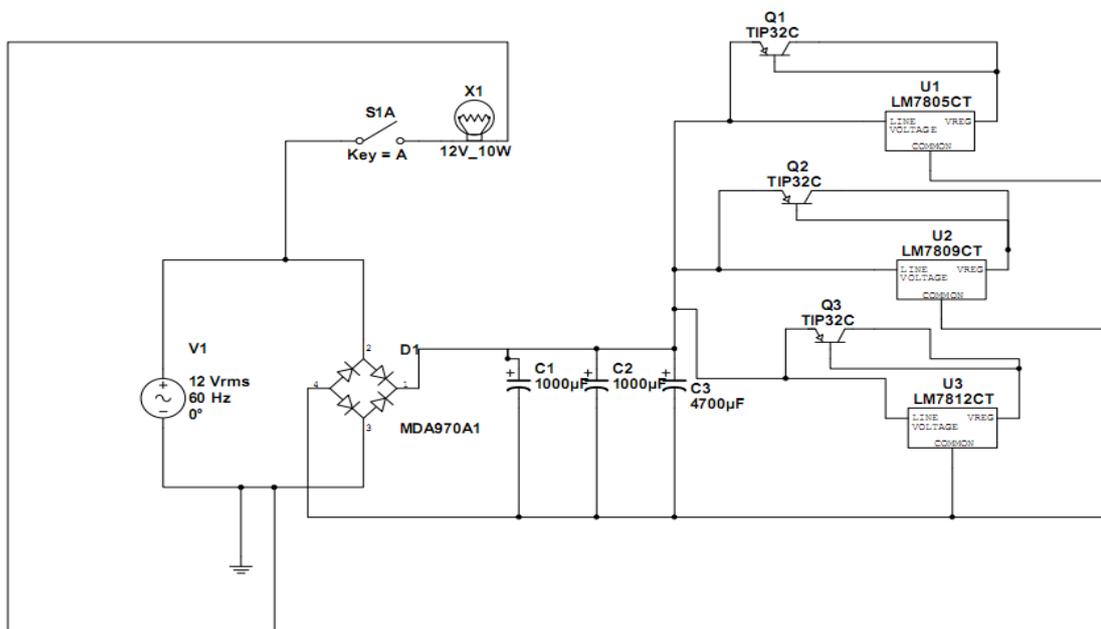
Fonte: Autor

O produto em questão é um produto classificado como derivativo e possui uma fonte ajustável simétrica, uma ajustável com controle de corrente e uma de tensões de 5V, 9V e 12V fixas. Como cada fonte trabalha de forma independente, o produto terá características modulares.

4.4 Simulação dos Circuitos

O projeto da figura 20 foi gerado utilizando a orientação dos manuais dos CI's. É importante enfatizar que todas as modificações realizadas nos projetos base estão em consonância com os manuais dos componentes, disponível em DATASHEETCATALOG (2012). As figuras 21 e 22 são os diagramas modificados dos anexos B e C respectivamente. Os projetos modificados utilizam componentes comuns no mercado de eletrônicos para uma eventual substituição futura, essa ideia surge pela inserção da filosofia DFM.

Figura 20 – Fonte Fixa 5V, 9V e 12V



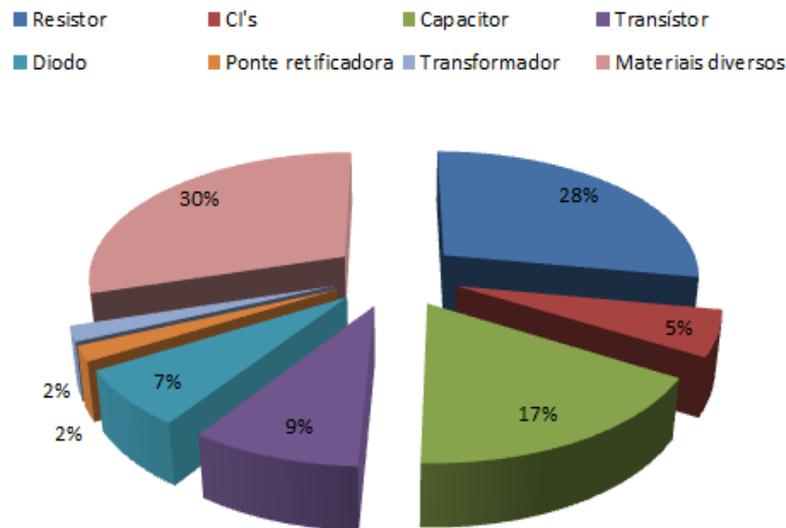
Fonte: Autor

As duas fontes V1 e V2 representam as saídas do transformador, a ponte retificadora MDA970A1 representa o RS407L, pois no banco de dados do software não consta o componente; todavia ambos apresentam o mesmo limite de corrente

de 4A, a mesma situação serve para os transistores 2N3055 e TIP3055, porém devido à falsificação dos transistores 2N3055 e sua constituição física (encapsulamento) se tornaram inviáveis para o projeto.

Devido à extensão do número de componentes do projeto, 145 no total, o gráfico 04 exibe o percentual relativo por família de componentes no produto.

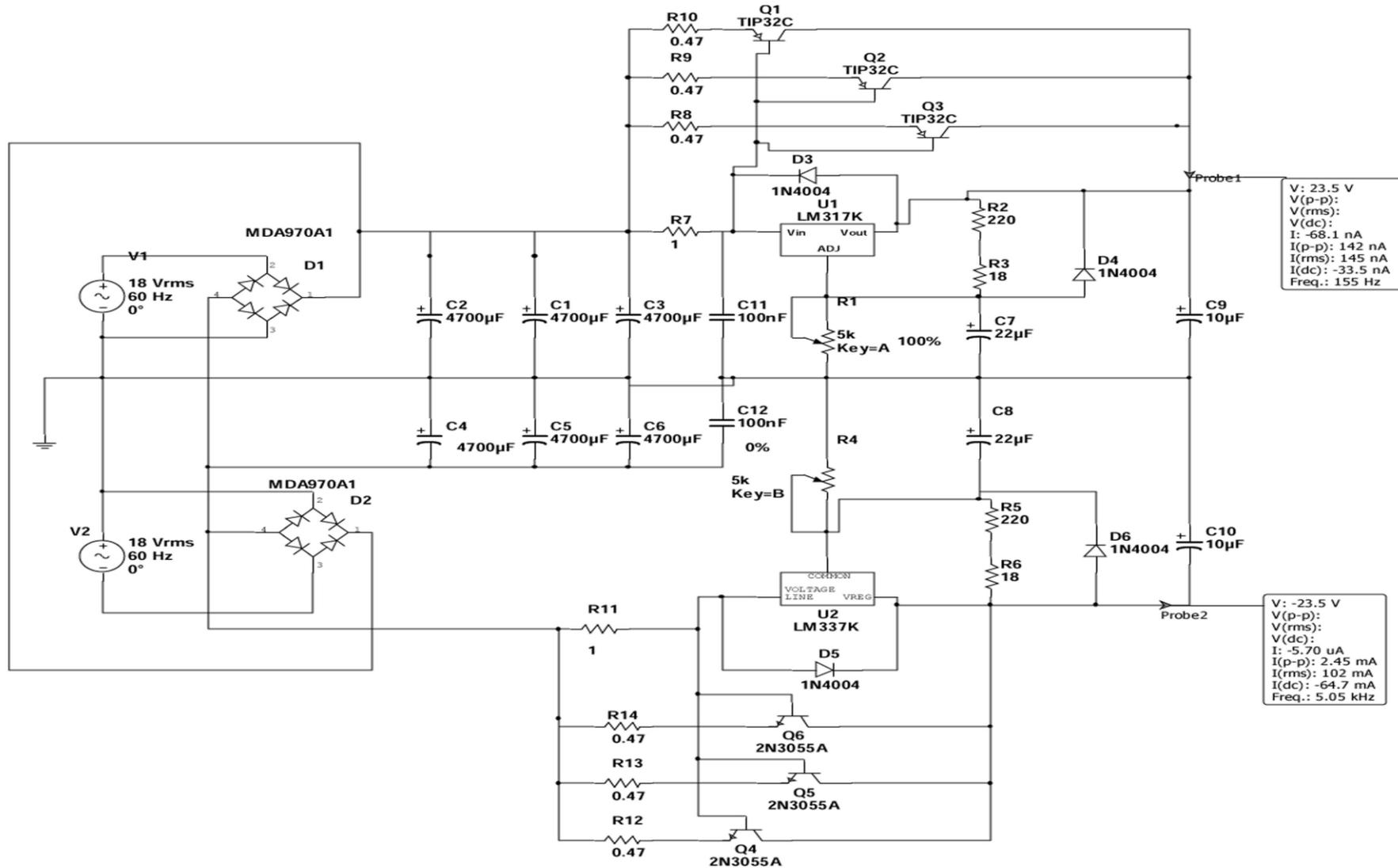
Gráfico 04 – Representação relativa dos componentes



Fonte: Autor

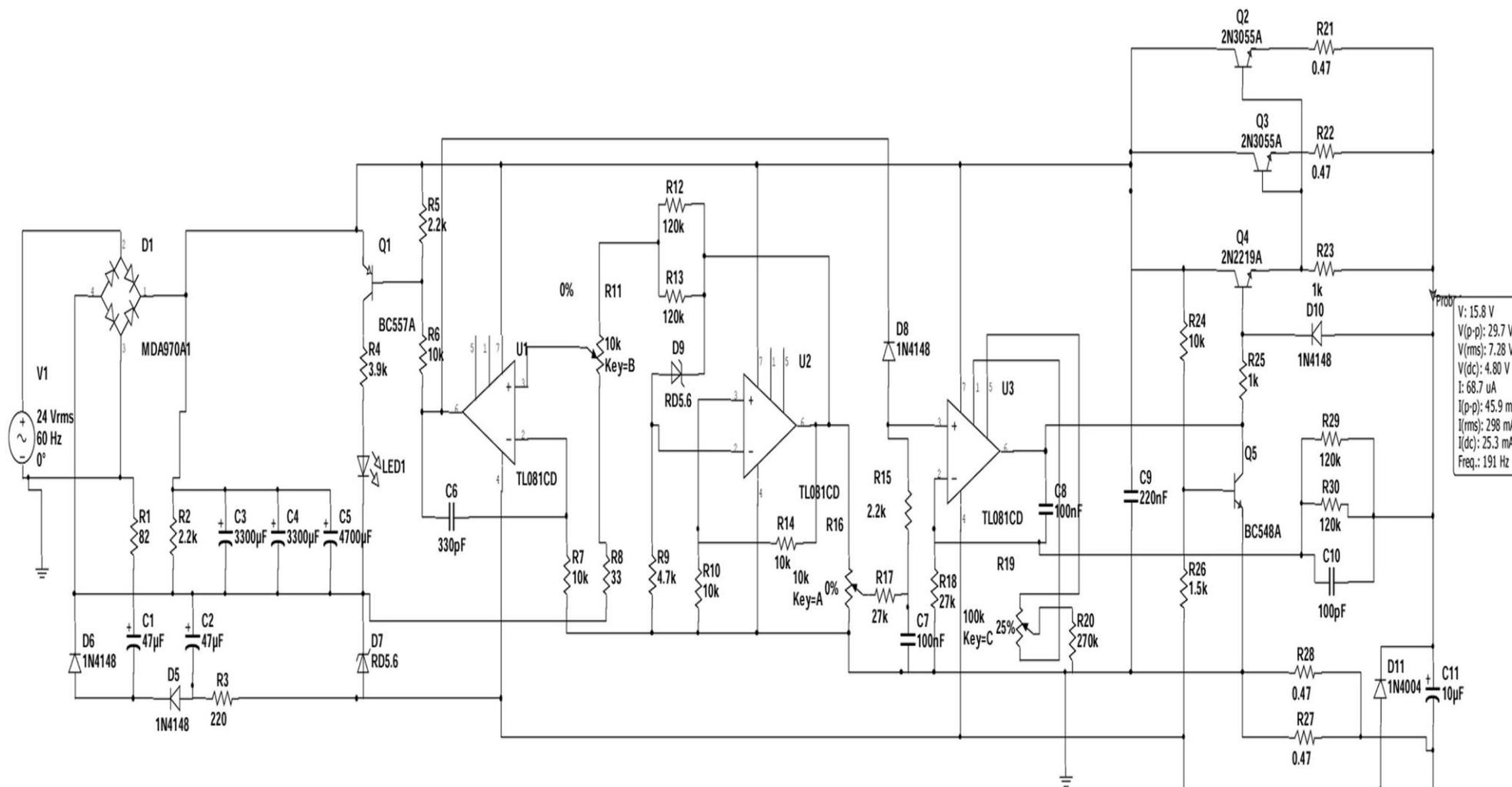
Observando o anexo B, foi retirado do circuito os transistores BC 636 e 635 (Q1 e Q4, respectivamente), o resistor de 1Ω foi mantido por realizar a estabilização da tensão de entrada muito importante para a base dos transistores que requer um fornecimento estável de energia. Foi alterado o valor da resistência de RLC1 e RLC2 por $0,47\Omega \times 5W$ por ser o valor mais próximo encontrado nas lojas especializadas. Foi inserido resistores e transistores em paralelo para dividir a corrente e o potencial de dissipação de calor nos transistores sendo demonstrado na figura 21, em Q1 a Q6, como a tensão de entrada após filtragem é 24V, a corrente máxima no circuito utilizando os polos positivo e comum da fonte será de 8A, um único transistor dissiparia 192W, com a aplicação da técnica do paralelismo cada transistor dissipará no máximo 64W. É importante salientar que ao usar o artifício simétrico da fonte, a tensão de entrada será de 48V e a corrente será de 4A, obedecendo o princípio da conservação de energia da teoria dos transformadores.

Figura 21 – Fonte simétrica modificada



Fonte: Autor

Figura 22 – Fonte corrente controlada modificada



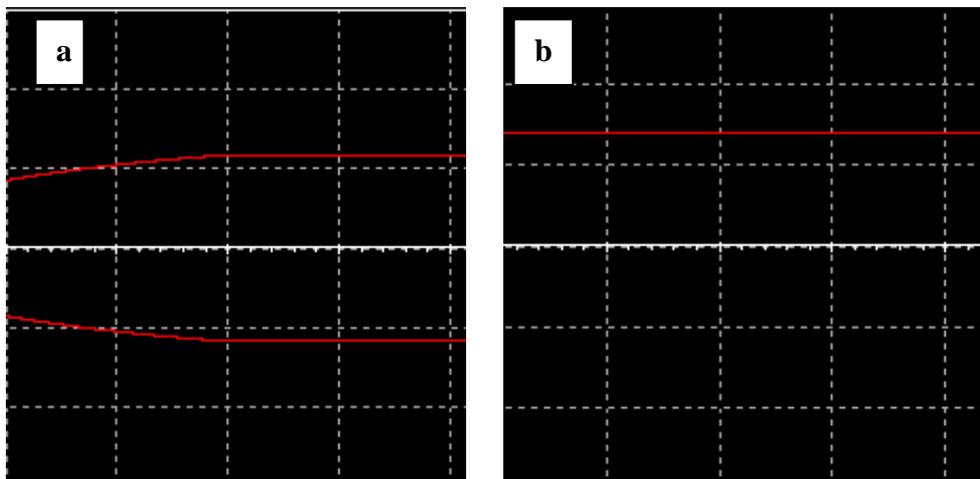
Fonte: Autor

Ainda nesse circuito foi realizada uma associação série dos resistores R2 e R3; R5 e R6, totalizando uma resistência equivalente de 238Ω , como os resistores possuem 5% de tolerância esta atendeu os requisitos do projeto base. A modificação dos potenciômetros seguiu a recomendação dos manuais do LM317 e LM337. Para os capacitores de C1 a C3 foram associados em paralelo consistindo uma capacitância equivalente de $14100\mu\text{F}$, a mesma situação vale para C4 à C6, entretanto como a fonte é simétrica ao utilizar os polos negativo e positivo da fonte a capacitância equivalente em série será de $7050\mu\text{F}$; por fim para os capacitores C11 e C12 servem para filtrar *ripples* provenientes de alterações de frequência seguindo as regras de associação.

Observando o circuito do anexo C, poucas mudanças foram efetuadas por ser um circuito mais complexo, na figura 22, R12 e R13; R29 e R30 realizam uma associação paralelo de resistores para obter uma resistência equivalente de $60\text{k}\Omega$ e foi realizado um paralelismo em transistores em Q2 e Q3, pois a tensão após filtragem atinge 33V e a corrente máxima é de 3A , objetivando dividir a potência dissipada de 99W para $49,5\text{W}$.

A figura 23a mostra a forma de onda do circuito da figura 21 simulado no Multisim 11, a forma inicial semicircular da onda corresponde ao tempo de carga dos capacitores e após 221ms a tensão torna-se puramente contínua, comprovando que as modificações atendem aos requisitos do projeto original.

Figura 23 – Formas de onda



Fonte: Autor

A figura 23b mostra a forma de onda do circuito da figura 22, seguindo a mesma lógica do circuito anterior

4.5 Montagem Física

Esse tópico tratará da montagem da fonte, e para melhor compreensão seguirá a sequência da figura 18.

Os transformadores utilizados no projeto foram bobinados conforme as especificações do programa Trafocalc podendo ser visualizado na figura 24. Dessa forma os três transformadores possuem uma relação de espiras conforme a tabela 02. A figura 25 mostra desmontagem, bobinagem e teste de um dos transformadores.

Tabela 02 – Relação de espiras

Transformador	Espiras do primário	Espiras do secundário	Potência (W)	AWG primário	AWG secundário
12 V X 4A	618	64	48	25	15
24 + 24 X 1,5A	505	2 * 104	72	23	19
18 + 18 X 4A	357	2 * 55	144	20	15

Fonte: Autor

Figura 24 – Programa Trafocalc

Transformadores de Alimentação

Transformador

Primário 1		Secundários	
125 V	25 AWG	12 V	64,0 Esp
618,3 Esp	0,39 A	4000 mA	15 AWG

Configuração do transformador

Tipo de configuração do primário:

Quantidade de secundários:

Frequência de operação (Fo): Hz

Eficiência adotada (η): %

Densidade máxima no núcleo (Bmax): Gauss

Seleção do núcleo

Lâminas formato E/I Lâminas formato U/I ou U/U

	Seção selecionada	Seção calculada
Altura do empilhamento núcleo (En):	32	25,15 mm
Largura perna central núcleo (Bn):	32	25,15 mm
Resultados das seções quadradas:	10,24	6,32 cm ²

Seção escolhida atende à aplicação!

Demais resultados do cálculo

	Primário	Secundário	
Tensão específica =	0,202	0,187	Volt/Espira
Potência aparente =	49,00	48,00	VA
Fator de perdas no secundário = 1,078			
Frequência de Operação = 60			

Fonte: Autor

Figura 25 – Transformador



Fonte: Autor

O circuito da figura 20 possui um retificador RS407L. A retificação do circuito da figura 21 utiliza duas pontes retificadoras RS407L em paralelo objetivando dividir a corrente total do circuito, pois um único CI retificador suporta 4A, com a associação em paralelo o circuito receberá das pontes uma corrente equivalente a 8A em máxima exigência.

Por fim, o circuito da figura 22 foram utilizados diodos 1N5407 em ponte, cuja capacidade máxima de corrente de 3A, atende aos requisitos do projeto.

Os circuitos apresentam boa filtragem devido ao bom dimensionamento do circuito de filtragem, em testes com carga há apenas queda de 0,3V.

O circuito da figura 20 é responsável pelo fornecimento de tensões fixas de 5V, 9V, e 12V; essa função é feita pelos reguladores 7805, 7809 e 7812. O objetivo desse circuito é fornecer energia para os *coolers*, lâmpada e para o multímetro que farão a indicação das tensões da fonte, bem como fornecimento de energia para os circuitos em práticas experimentais. Pode-se evidenciar esse circuito montado na figura 26.

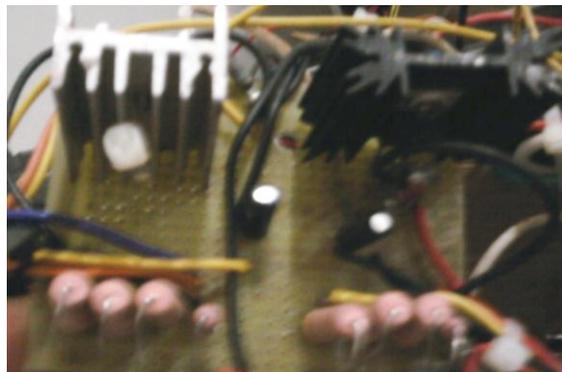
Figura 26 – Fonte de tensão fixa montada



Fonte: Autor

O circuito da figura 21, os componentes que desempenham função de regulação são o LM317 e LM337, pois realizam a variação da tensão no circuito, os dois CI's são protegidos por diodos 1N4004, no diagrama são D3, D4, D5 e D6 conforme a recomendação do fabricante. Pode-se verificar a disposição deles na figura 27.

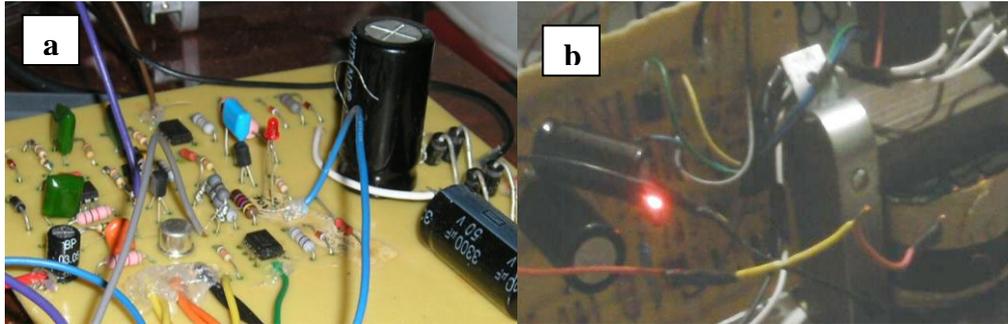
Figura 27 – LM317 e LM 337



Fonte: Autor

O circuito da figura 22, a regulação tanto de corrente como de tensão é feita pelos amplificadores operacionais, os próprios amplificadores proporcionam a proteção do circuito suspendendo o fornecimento de energia, a figura 28a mostra a disposição dos componentes e a figura 28b mostra o circuito em estado protegido.

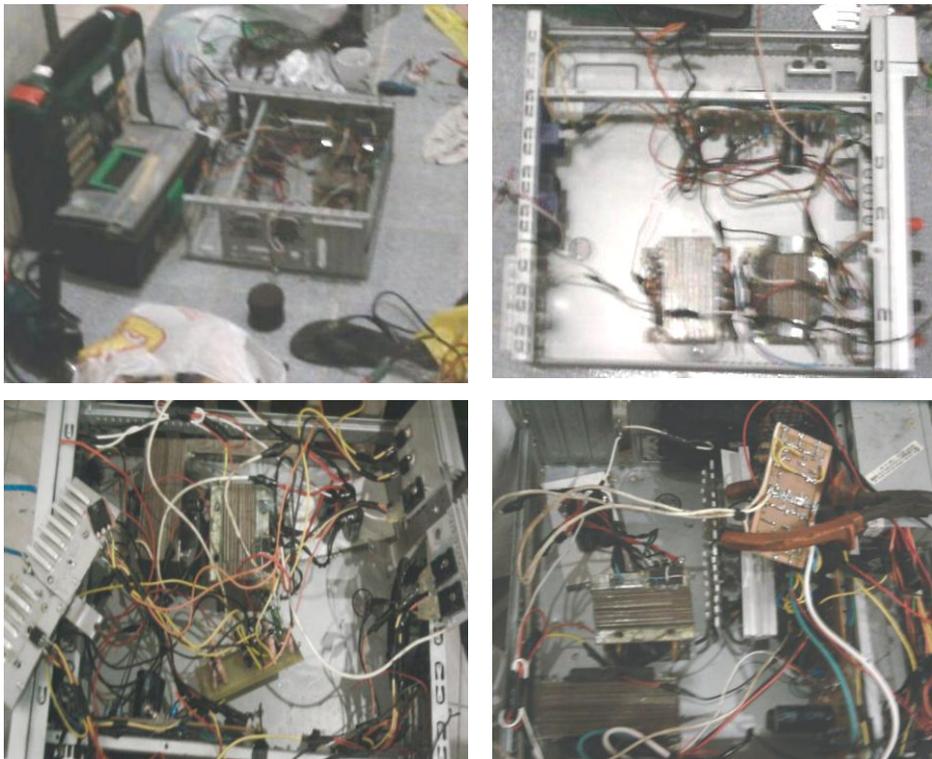
Figura 28 – Fonte com amplificadores operacionais



Fonte: Autor

Todos os circuitos foram alocados em um gabinete de computador, no qual foi necessário realizar furos de 8mm para inserção dos bornes, 4mm para inserção dos potenciômetros, 3 mm para fixar transformadores e dissipadores para os transistores de potência. A figura 29 mostra a alocação dos circuitos no gabinete.

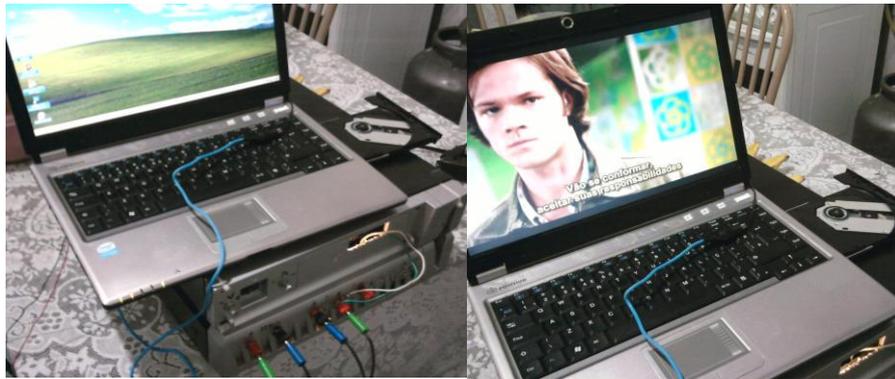
Figura 29 – Furação e Alocação dos componentes



Fonte: Autor

Após montagem a fonte funcionou satisfatoriamente, quando comparado à fonte original do notebook, alimentando o aparelho que requer 19,5 V e 4,5A como pode ser demonstrada na figura 30.

Figura 30 – Notebook alimentado por fontes



Fonte: Autor

4.6 Análise dos Custos e dos Ganhos Ambientais

O objetivo dessa análise é comprovar a viabilidade do reaproveitamento. Realizou-se um orçamento para fins comparativos com três situações: reaproveitando, adquirindo os componentes em lojas de eletrônica e adquirindo o produto de um fabricante.

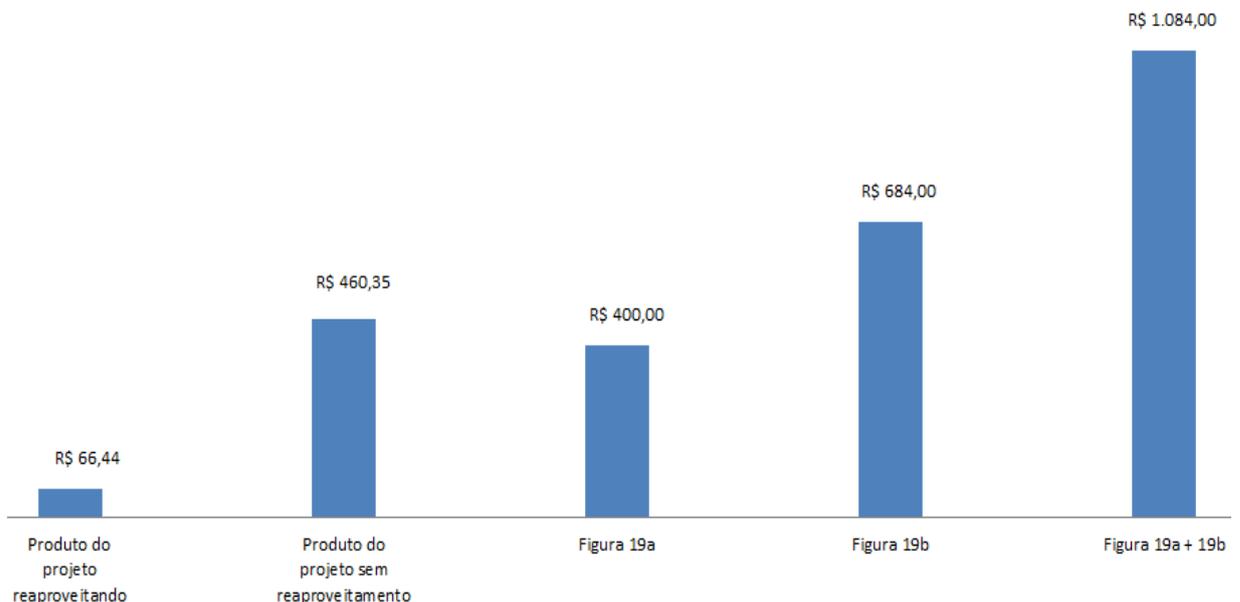
A tabela 03 mostra a relação de custos do produto reaproveitando o material, comprando todos os materiais necessários e comprando o produto. Foi adicionado um valor de 10% que corresponde à utilização de materiais diversos como solda, abraçadeiras, fita isolante e depreciação dos equipamentos.

De acordo com a tabela 03, pode-se evidenciar que a economia do reaproveitamento do lixo eletrônico é bastante significativa, seguindo as mesmas diretrizes do projeto e adquirindo todo o material necessário, o custo seria orçado em R\$ 460,35 superando até mesmo o valor do produto da figura 19a, houve uma economia de 593%. Quando se compara o produto do projeto com os produtos disponíveis no mercado obtém-se uma economia de 502% para o produto da figura 19a, enquanto 930% de economia para o produto da figura 19b. Como o produto do projeto reúne a funcionalidades dos dois produtos da figura 19 fazendo a comparação obtém-se 1532%. A representação ilustrada da tabela 03 está nos gráficos 05, 06 e 07.

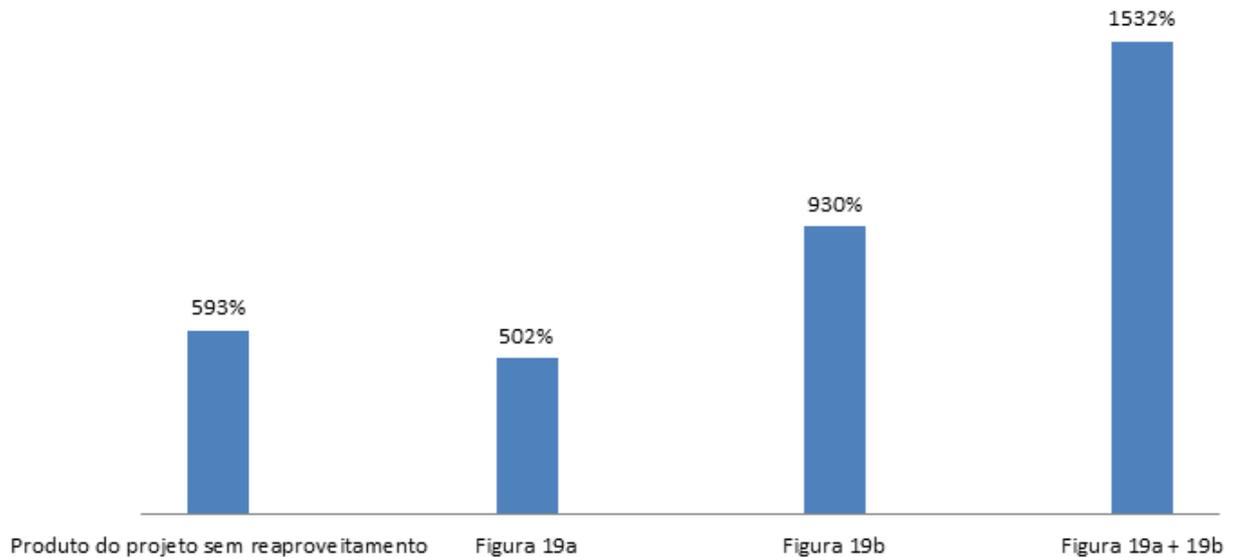
Tabela 03 – Informações dos custos

Produto	Produto do projeto reaproveitando	Produto do projeto sem reaproveitamento	Figura 19a	Figura 19b	Figura 19a + 19b
Custo reaproveitando	R\$ 60,40	-	-	-	-
Custo adquirindo todos os materiais	-	R\$ 418,50	-	-	-
Custo do produto com acréscimo de 10%	R\$ 66,44	R\$ 460,35	-	-	-
Custo de aquisição do produto fabricado	-	-	R\$ 400,00	R\$ 684,00	R\$ 1084,00
Economia com base no valor do protótipo com componentes reaproveitados	-	593%	502%	930%	1532%
Representação do valor do produto	-	14%	17%	10%	6%

Fonte: Autor

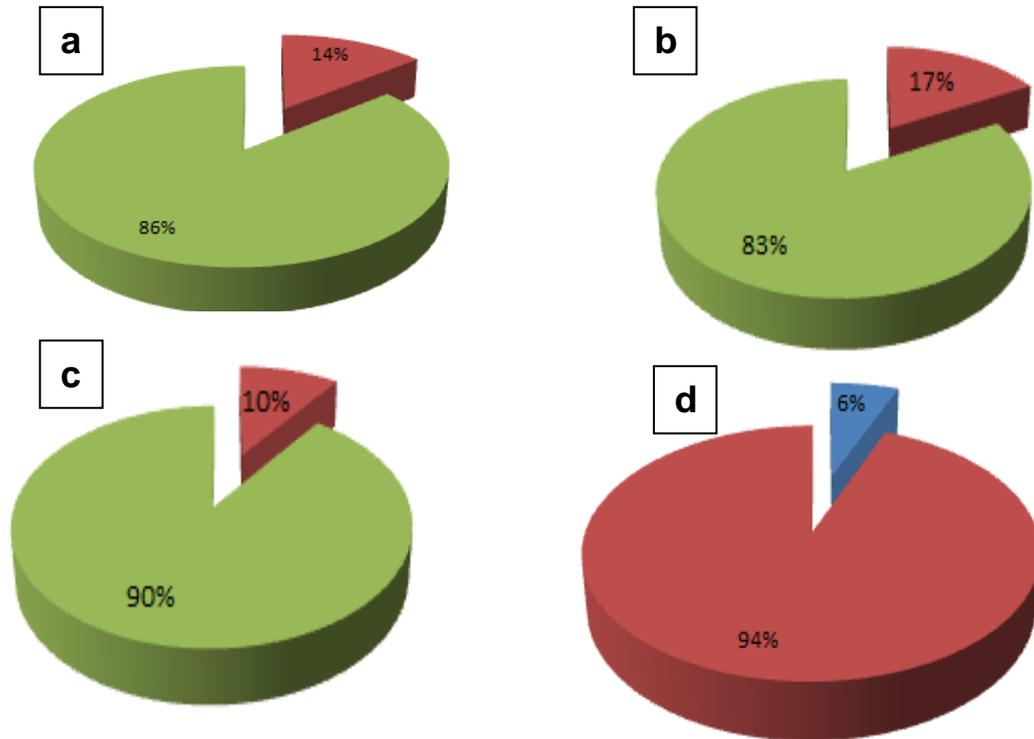
Gráfico 05 – Comparação de custos entre produtos

Fonte: Autor

Gráfico 06 – Percentual de economia

Fonte: Autor

Observando o gráfico 07a, a ilustração representa que dos R\$ 460,35 para criação do produto, apenas com 14% de investimento foi possível a confecção do equipamento realizando a prática do reaproveitamento. O gráfico 07b representa que dos R\$ 400,00 investidos, com 17% desse valor foi possível obter um produto que possui as mesmas funcionalidades e atributos superiores ao produto da figura 19a. Analisando o gráfico 07c, a ilustração representa que dos R\$ 684,00 investidos, com apenas 10% do valor obtêm-se um produto que apresenta as mesmas funcionalidades e também com atributos superiores ao produto da figura 19b. Por fim, como o protótipo reúne funcionalidades dos produtos da figura 19, orçados em R\$ 1084,00, o gráfico 07d demonstra que com apenas 6% do valor foi possível construir um aparelho que reúne as funcionalidades dos dois produtos adicionando alguns atributos conforme o resultado da matriz QFD.

Gráfico 07 – Ilustração comparativa dos custos

Fonte: Autor

Utilizando uma balança foi quantificado uma quantidade de massa aproximada de 4kg. O produto é composto por diversos componentes metálicos (ferro, chumbo, estanho, alumínio, cobre) que demoram entre 100 – 1000 anos para se decompor; polímeros (plásticos, nylons) são decompostos na faixa de 30 - 100 anos e, por fim, componentes eletrônicos que não há uma definição de tempo de degradação. Dessa forma, pode-se evidenciar um ganho ambiental acentuado, pois minimizou diversos impactos ambientais como a poluição visual e por metais pesados.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou reunir conhecimentos multidisciplinares necessários para o desenvolvimento de alternativas que visam minimizar os impactos ambientais dos resíduos sólidos eletrônicos. A interação das áreas referente à engenharia eletrônica, ambiental e produção foram primordiais para os resultados obtidos.

Ferramentas como QFD e método FAST auxiliaram a confeccionar as características do produto, conforme os atributos necessários para os consumidores. A experiência em softwares de simulação foi um diferencial para os resultados, pois propiciou maior agilidade e execução durante o desenvolvimento do produto.

É importante frisar os ganhos ambientais, pois houve um reaproveitamento de aproximadamente 4kg de materiais não degradáveis, o que minimizou os impactos ambientais como poluição visual e por metais pesados.

Dessa forma, com todas as informações levantadas, pode-se evidenciar que o lixo eletrônico utilizado no projeto é composto por componentes de computadores, *no-break*, estabilizadores e reatores. Com o auxílio das ferramentas do ramo de desenvolvimento de produtos o número de modificações do projeto foram reduzidas o que garantiu uma concepção previa do protótipo, que reúne funcionalidades para utilização em atividades que envolvem manutenção e pesquisa. A prática do reaproveitamento do lixo eletrônico proporciona ganhos significativos tanto ambientais como econômicos, provando a viabilidade da prática sustentável. O produto do projeto demonstrou uma economia superior a 500%, dessa maneira o resultado deste trabalho atingiu todos os objetivos e sua divulgação possa estimular às indústrias brasileiras a utilizarem os resíduos eletrônicos como insumos industriais.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. O. **Análise de Circuitos em Corrente Contínua**. ed: 12^a, Editora: Erica, São Paulo – SP, 1998

ANDREY, J. M. **Eletrônica básica: teoria e prática**. Editora: Rideel, São Paulo, 1999.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. Ed 6^a, Editora: LTC, 1999

BRAGA, N. C. **Fontes de Alimentação**. ed: 1^a, Editora: Saber, 2005

BRAGA, N.C. **História do transistor**. 2009. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/artigos/67-historia-da-eletronica/407-a-historia-do-transistor.pdf>>. Acesso em: 24 ago 2012.

BRAGA, N.C. **NI-MultiSIM - National Instruments (ART565)**. 2011. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/artigos/67-historia-da-eletronica/4128-art565.html>>. Acesso em: 01 out 2012

BAIROS, J. **Fonte simétrica regulável**. 2002. Disponível em: <<http://www.jonasbairros.xpg.com.br/fonte%20simetrica%20regulavel.gif>>. Acesso em: 31 ago 2012.

CARMO, J. M. **Utilização da metodologia desdobramento da função qualidade (qfd), como forma de identificação dos pontos prioritários do sistema de transporte urbano de passageiros por ônibus**. UNILESTE MG, Coronel Fabriciano – MG, 2010

CARVALHO, D.; SARTORATO, E.; FERNANDA, H.; CARNEIRO, R. **Pesquisa Bibliográfica: Trabalho acadêmico dos alunos de Comunicação Social com habilitação em Jornalismo da Universidade Federal de Goiás**. 2004. Disponível em: <<http://pesquisabibliografica.blogspot.com.br/2004/06/introduo.html>>. Acesso em: 11 dez 2012.

DATASHEETCATALOG. **Datasheet**. Disponível em:< www.datasheetcatalog.com/ >. 2012. Acesso em: 10 set 2012

ELETRONICS LAB, **0-30 VDC STABILIZED POWER SUPPLY WITH CURRENT CONTROL 0.002-3 A**. 2002. Disponível em: <<http://www.electronic-lab.com/projects/power/001/index.html>>. Acesso em: 03 set 2012.

FERNANDES, J. T. G.; SOUZA, M. T. S.; PEREIRA, R. S. **A Importância de Canais de Distribuição Reversos para a Reciclagem no Varejo de Moda**, ENEGEP, Fortaleza – CE, 2009.

FERREIRA, D. C.; SILVA, J. B.; GALDINO, J. C. S. **Reciclagem do e-lixo (ou lixo Eletroeletrônico)**. IFRN, 2010.

FURTADO, P. J. L. Centro Interescolar de Agropecuária Ciap José Francisco Lippi: **Gerenciando os Resíduos Sólidos**. UNOPAR, Teresópolis – RJ, 2011.

INPA. **Método QFD como Ferramenta para Desenvolvimento Conceitual de Produtos de Madeiras da Amazônia**. 2008. Disponível em: <<http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/40-4/BODY/v40n4a06.html>>, Acesso em: 12 set 2012

KOSOW, I. L. **Máquinas Elétricas e Transformadores**. vol 1, ed.4ª, Editora: Globo, Porto Alegre, 1982

LIMA, A. S.; COELHO, J. C. O.; NETO, J. N. S.; VAZ, L. G. N.; ARAUJO, M. A. N. **Lixo Eletrônico**. Uma Reflexão Acadêmica, UEA, 2009

MACHADO, M.; PIOVESANA, L.. **Desenvolvimento de produtos sem enrolação: Um guia simples e prático para tirar suas ideias do papel**. 2010

MACIEL, A. C.. **Lixo eletrônico**. ENIAC, Guarulhos, 2011

MARKUS, O. **Circuitos Elétricos: Corrente Contínua e Corrente Alternada**. Ed 9ª, Editora: Erica, São Paulo – SP, 2004

MOI, P. C. P.; SOUZA, A. P. S.; OLIVEIRA, M. M.; FAITTA, A. C. J.; REZENDE, W. B.; MOI, 9G. P.; FREIRE, F. A. L. **Lixo Eletrônico: Consequências e Possíveis Soluções**. UFMT, 2011

MORIMOTO, C. E. **A história da informática**. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/guias/historia-informatica/>>. Acesso em: 24 ago 2012

MRE FERRAMENTAS. **Fontes de alimentação**. 2011. Disponível em: <<http://www.mreferramentas.com.br/>>, Acesso em: 17 set 2012.

MSPC. **Válvulas termoiônicas I – Princípios Básicos**. 2008. Disponível em: <http://www.mspc.eng.br/eletrn/vterm_110.shtml#introd>. Acesso em: 24 ago 2012

MUSSOI, F. L. R. **Fundamentos de Eletromagnetismo**. CEFET/SC, Florianópolis - SC, 2005.

NETO, J. P. O. **Considerações sobre a Exposição a Fumos Metálicos de Chumbo em Soldas nas MPEs do Vale da Eletrônica**. Universidade Nove de Julho, São Paulo – SP, 2010

OLIVEIRA, R. S.; GOMES, E. S.; AFONSO, J. C. **O Lixo Eletrônico: Uma Abordagem para o Ensino Fundamental e Médio**. UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 2010.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; DÁRIO, H. A.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. Editora: Saraiva, São Paulo, 2006.

SILVA, J. R. N. **Lixo Eletrônico**: Um Estudo de Responsabilidade Ambiental no Contexto do Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Bauru – SP, 2010

SIQUEIRACAMPOS. **QFD**. Disponível em: <www.siqueiracampos.com/downloads/qfd.xls>. Acesso em: 18 set 2012

SOUZA, M. A. M. **Eletrônica**: Todas as informações técnicas essenciais de componentes eletrônicos. Editora: Hemus, 2003

STABILE, M. A. **Trafocalc 4.0v**. 2011. Disponível em: <http://www.813am.qsl.br/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=77> Acesso em: 01 out 2012

STEVENSON, W. D. JR, **Elementos de Análise de Sistemas de Potência**. Ed: 2ª, Editora: Mc Graw-Hill, São Paulo, 1986.

UTEXAS. **Quality Function Deployment**. 2007. Disponível em: <<http://www.me.utexas.edu/~me366j/QFD/Notes.html>>. Acesso em: 12 set 2012

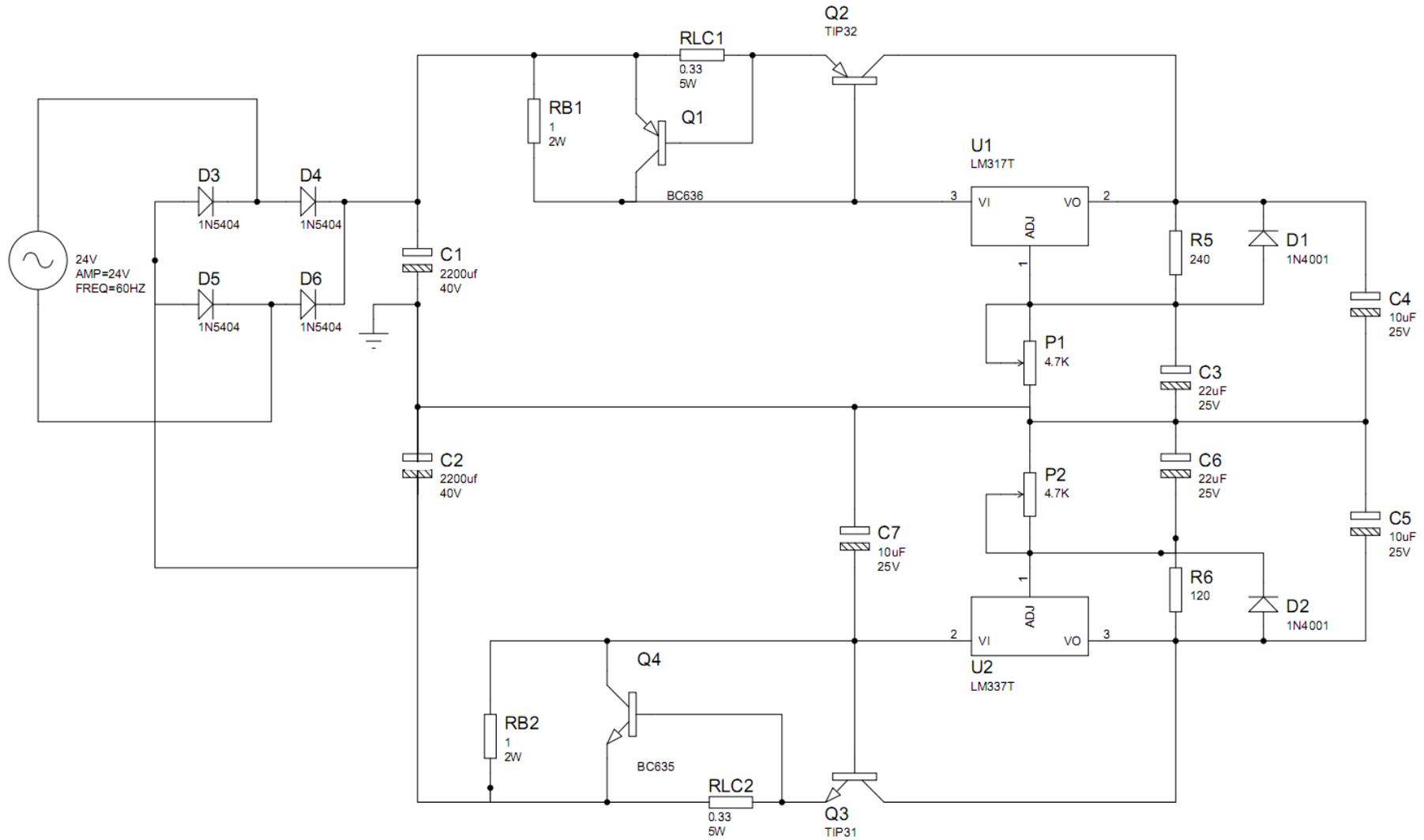
VASCONCELOS, L. **Introdução à organização de computadores**. Disponível em: <<http://www.laercio.com.br/artigos/HARDWARE/HARD-016/HARD-016.HTM>>. Acesso em: 31 ago 2012

VIEIRA, M. J. **Logística Reversa Aplicando a Reciclagem de Lixo Eletrônico**. Estudo de Caso: Oxil Manufatura Reversa. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R.; SOARES, L. R. **A Logística Reversa do Lixo Tecnológico**: Um Estudo sobre o Projeto de Coleta de Lâmpadas, Pilhas e Baterias da Braskem. ENGEMA, 2009

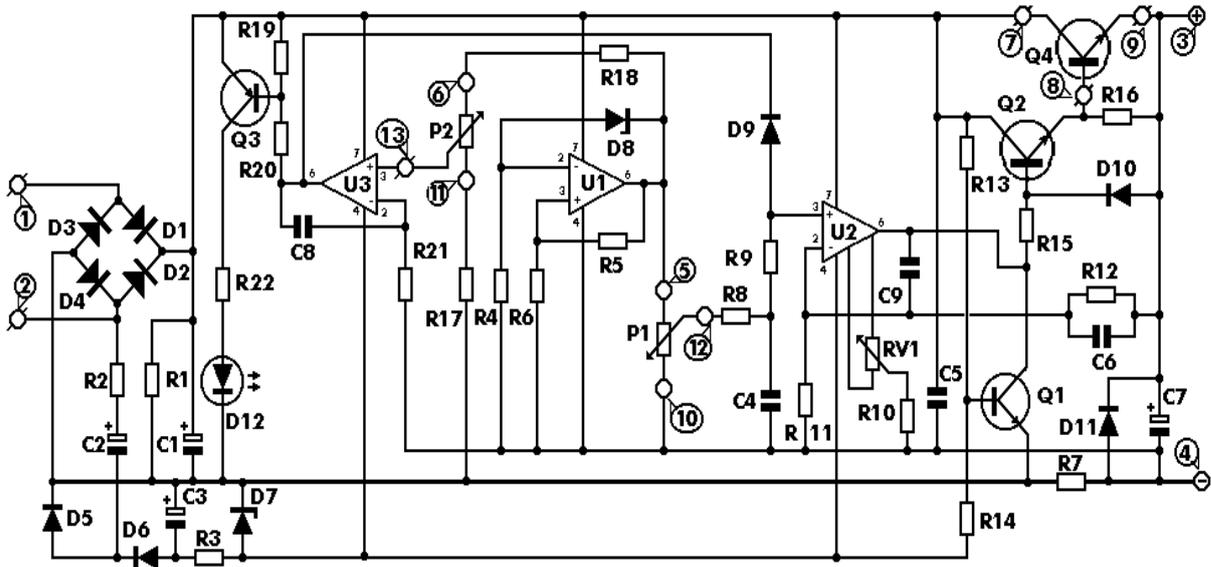
ANEXOS

ANEXO B – Projeto base fonte simétrica



Fonte: Bairros, 2002

ANEXO C – Fonte corrente controlada



Componentes

R1 = 2,2 k Ω 1W	C7 = 10 μ F/50V eletrolítico
R2 = 82 Ω 1/4W	C8 = 330pF cerâmico
R3 = 220 Ω 1/4W	C9 = 100pF cerâmico
R4 = 4,7k Ω 1/4W	D1, D2, D3, D4 = 1N5402,3,4 diodo 2A - RAX GI837U
R5, R6, R13, R20, R21 = 10 k Ω 1/4W	D5, D6 = 1N4148
R7 = 0,47 Ω 5W	D7, D8 = 5,6V Zener
R8, R11 = 27 k Ω 1/4W	D9, D10 = 1N4148
R9, R19 = 2,2 k Ω 1/4W	D11 = 1N4001 diodo 1A
R10 = 270 k Ω 1/4W	Q1 = BC548, NPN transistor ou BC547
R12, R18 = 56 k Ω 1/4W	Q2 = 2N2219 NPN transistor
R14 = 1,5 k Ω 1/4W	Q3 = BC557, PNP transistor ou BC327
R15, R16 = 1 k Ω 1/4W	Q4 = 2N3055 NPN transistor de potência
R17 = 33 Ω 1/4W	U1, U2, U3 = TL081, amplificador operacional
R22 = 3,9 k Ω 1/4W	D12 = LED diodo
RV1 = 100 k Ω trimmer	C4 = 100nF poliéster
P1, P2 = 10 k Ω potenciômetro linear	C5 = 200nF poliéster
C1 = 3300 μ F/50V eletrolítico	C6 = 100pF cerâmico
C2, C3 = 47 μ F/50V eletrolítico	

Fonte: Eletronics lab, 2002