



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica  
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

<b>BRUNO FERNANDO GIANELLI</b>	<b>Sandro Donini Mancini</b>
<b>Instituto Federal de São Paulo</b>	<b>Universidade Estadual Paulista</b>
BRUNOGIANELLI@GMAIL.COM	MANCINI@SOROCABA.UNESP.BR

<b>LUCIANE LOPES RODRIGUES</b>	<b>VLADIMIR XAVIER BATISTA</b>
<b>Universidade Estadual Paulista</b>	<b>AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.</b>
LULOPESRODRIGUES@GMAIL.COM	VLADIMIR.XAVIER@AES.COM

**Caracterização de Resíduos Elétricos provenientes de Redes de Distribuição de Energia e Avaliação do Potencial de Reciclagem – O caso AES Eletropaulo.**

**Palavras-chave**

Reciclagem  
Resíduos Elétricos  
Reutilização

**Resumo**

A instalação, manutenção e reforma das redes elétricas geram grandes quantidades de resíduos, que pertencem a duas classes: os cuja reciclagem é desenvolvida e a sucata valorizada, como o cobre e alumínio, e os cuja reciclagem ainda carece de desenvolvimento. Nessa última incluem-se os materiais poliméricos (isoladores poliméricos), cerâmicos (isoladores de cerâmica ou vidro) e compósitos (cruzetas de madeira e postes de concreto). A AES Eletropaulo gera aproximadamente 4,0 mil toneladas de resíduos sólidos anuais, sendo 1,6 mil tonelada de ferrosos, 1,2 mil tonelada de fios de alumínio e cobre e 0,6 tonelada de polímeros, cerâmicas e madeiras. Há ainda uma quantidade razoável de materiais considerados perigosos, que demandam manejo, tratamento e/ou destinação adequados. O objetivo deste trabalho é realizar uma caracterização dos resíduos gerados, classificando-os por material, realizar estudos sobre estes e apontar procedimentos que visem à diminuição dos resíduos através de melhorias no encaminhamento à reciclagem e/ou que possibilitem a reutilização.

## **1. Introdução**

O desenvolvimento tecnológico e o crescimento populacional acarretaram na inserção de novos produtos na sociedade que trouxeram grandes benefícios, como é o caso da energia elétrica. No entanto, os processos de instalação, manutenção e reforma das redes elétricas geram enormes quantidades de resíduos.

Atualmente, a sociedade está se mostrando mais preocupada com as questões ambientais, e por sua vez, as empresas que tratam os recursos naturais com parcimônia e respeito conquistam um maior reconhecimento do público. Com a necessidade do cumprimento das leis, garantia da saúde pública e aos custos associados à destinação final correta dos resíduos, as empresas tem dificuldades em encontrar um mercado consolidado para reutilização e reciclagem.

As duas grandes classes de resíduos da rede elétrica são materiais cuja reciclagem está bem desenvolvida e valorizada, como os fios de alumínio e cobre; cuja alta reciclabilidade é motivo de preocupação devido a furtos de fios e cabos da rede elétrica. E a segunda classe de resíduos é aquela cuja reciclagem ainda carece de desenvolvimento, como materiais poliméricos e cerâmicos. Materiais poliméricos apresentam uma grande variedade, o que dificulta sua identificação e separação, e os cerâmicos possuem dificuldades intrínsecas de reciclagem e mercado para os reciclados.

Ainda na classe de resíduos que a reciclagem carece de desenvolvimento, há os materiais compósitos, que nas redes elétricas e empresas de distribuição se destacam a madeira e o concreto armado (SHACKELFORD, 2008). A madeira, um compósito natural, é bastante utilizada na forma de cruzetas e dispositivos de fixação de isoladores e outros componentes em postes. Por estarem expostas às intempéries, mesmo sendo tratadas superficialmente, requerem reposição ao longo do tempo. Esses resíduos, por sua vez, são pouco atraentes, inclusive para a queima controlada em fornos cerâmicos (NASCIMENTO, S. M.; DUTRA, R. I. J. P.; NUMAZAWA, S. , 2006).

## **2. Desenvolvimento**

### **2.1 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é o de realizar uma caracterização dos materiais residuais gerados pela AES Eletropaulo após vida útil, classificando-os por tipo de material, quantidade descartada e relevância quanto ao potencial de reciclagem e reutilização, num determinado período de tempo. O manejo dos resíduos foi estudado à luz da legislação brasileira e de normas internacionais. Além de aspectos ambientais, foram levados em consideração os aspectos econômicos do sistema atual de comercialização dos recicláveis e de destinação final dos que necessitam de tratamento/disposição.

Completada esta caracterização, foram escolhidos alguns materiais com os quais foram feitos estudos específicos sobre reciclagem. Alguns produtos foram escolhidos para avaliação do potencial de reutilização destes pela própria empresa, como uma espécie de inspeção de matérias-primas recebidas por meio de análises dimensionais e elétricas não destrutivas.

Como resultado destes estudos, espera-se elaborar procedimentos e metodologias visando tornar mais rentável o encaminhamento de resíduos para a reciclagem ou até mesmo reutilizar alguns produtos descartados equivocadamente. Nos dois casos, a meta é a de minimizar a quantidade de resíduos destinados à disposição final em aterros sanitários, bem como a quantidade de recursos naturais demandados pelas atividades-fim da empresa, a partir de propostas para melhoria contínua de seu sistema de gestão ambiental.

## **2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS DESCARTADOS**

De acordo com a NBR 10.004, são três as principais classes de resíduos: Classe I (Resíduos Perigosos), Classe II-A (Resíduos Não-Inertes) e Classe II-B (Resíduos Inertes). Numa empresa de distribuição de energia, resíduos de todas as classes são gerados, e dentro de cada classe, especificidades tornam o seu gerenciamento bastante complexo.

Apesar do forte apelo ambiental, a reciclagem é uma atividade impactante, que envolve geração de gastos energéticos e de água, além da geração de novos resíduos sólidos, líquidos ou gasosos. Como exemplo, há o estudo realizado na Alemanha que mostra o grau de contaminação com metais pesados e halogênios que poderiam ocorrer na reciclagem de resíduos elétricos (DIMITRAKAKIS et al, 2009) e também outro estudo que retrata os impactos referentes a coleta dos resíduos, decorrentes das redes de logísticas percorrerem grandes distâncias e culminar na emissão de poluentes associados ao transporte (BARBA-GUTIÉRREZ, ADENSO-DÍAZ & HOPP, 2008).

Entretanto, os artigos científicos encontrados na literatura se referem à resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, com destaque nos computadores pessoais (BABU, PARANDE & BASHA, 2007; BARBA-GUTIÉRREZ, ADENSO-DÍAZ & HOPP, 2008; MANOMAIVIBOOL, 2009; LIU & MATSUI, 2006; DIMITRAKAKIS et al, 2009). Tal fato revela que há uma escassez de estudos específicos sobre resíduos das redes de transmissão e distribuição de energia.

Apesar dessa ausência de estudos, uma empresa do ramo de energia lida com enormes quantidades e variedades de resíduos que tornam a sua gestão extremamente complexa, mas se bem geridas podem trazer diversas vantagens. Tais vantagens são a minimização da geração de resíduos e conseqüentemente os custos com a destinação final em aterros; a maximização dos ganhos com a venda de material para a reciclagem; cumprimento das legislações ambientais e trabalhistas; além de melhorar a imagem da empresa perante seus colaboradores, clientes e a sociedade.

Por ano a AES Eletropaulo gera cerca de 4,0 mil toneladas de resíduos dos mais variados tipos, propriedades, valores e graus de periculosidade. Os manejos desses resíduos estão inseridos no sistema de gestão ambiental ISO 14.001 que busca, a cada renovação da certificação, a melhoria contínua de seus indicadores ambientais.

### **2.2.2 RESÍDUOS METÁLICOS DESCARTADOS**

Numa empresa de distribuição de energia há uma grande quantidade de sucata não ferrosa com valor de mercado, como por exemplo fios de cobre e alumínio, além de bronze e latão, assim como também existe uma grande quantidade de materiais ferrosos amplamente utilizados.

Apesar de não serem altamente valorizadas para a reciclagem, essas sucatas possuem comércio certo, pois podem gerar produtos reciclados de grande consumo tão bons quanto os originais; mesmo a sucata não ferrosa, desde que seja devidamente separada. A necessidade da separação criteriosa da sucata não ferrosa para a reciclagem é devido a um determinado elemento não formar liga com outro. Já no caso da sucata ferrosa, a separação por ímã costuma ser eficiente

Devido ao seu preço relativamente baixo e alta resistência mecânica, os metais são amplamente empregados nas redes elétricas como suportes das partes isolantes (cerâmica ou vidro), chaves e pára-raios. Também são muito utilizadas nas versões galvanizadas em caixas que acondicionam o medidor de consumo de energia,

parafusos, pinos, abraçadeiras e etc, sendo que em muitas vezes um novo revestimento, após a retirada do danificado, é o suficiente para a sua reutilização.

### 2.2.3 RESÍDUOS POLIMÉRICOS DESCARTADOS

Os polímeros são geralmente leves, e por esse motivo, é necessário um grande volume para que sua reciclagem seja um empreendimento economicamente viável. Outro problema identificado é em relação aos diferentes tipos de polímeros existentes, cuja separação pode não ser simples.

Nas empresas de distribuição de energia os materiais poliméricos são comumente utilizados como isoladores poliméricos (EPDM ou Borracha de Silicone), sendo que também emprega-se o policloreto de vinila (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD) e o polietileno reticulado (XLPE) que fazem o recobrimento de fios e cabos. Além de outros polímeros que constituem os componentes eletro-eletrônicos, embalagens e os equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletiva (EPCs).

Geralmente, os polímeros apresentam reciclagem simplificada, como a mecânica que é utilizada para o PEAD, o PVC e a maioria dos polímeros de grande consumo. Já os polímeros utilizados no recobrimento de fios e cabos apresentam como maior dificuldade a sua separação, o que culmina na prática de queima dos mesmos, no entanto, existem métodos de separação por meio de moinhos sucessivos e densidade, mas que obviamente são mais caros. Para o XLPE e outros elastômeros, assim como para os termofixos (normalmente em compósitos), a reciclagem mecânica geralmente não funciona, pois esses polímeros não fundem devido ao seu processo de fabricação haver a vulcanização. Dessa forma, outros métodos de reciclagem devem ser empregados, como a reciclagem química ou a energética. Há vários estudos que indicam que a reciclagem química para os elastômeros é viável, pois possuem um número de ligações intermoleculares covalentes relativamente baixo. (EHRIG, 1992; LA MANTIA, 2002; WIEBECK & PIVA, 2005; ZANIN & MANCINI, 2004; MANRICH, FRATTINI & ROSALINI, 1997; MANO, PACHECO & BONELLI, 2006; RADER et al, 1995).

Porém, para os termofixos, o número de ligações cruzadas é relativamente alto, o que faz com que os esforços atualmente estejam se voltando ao desenvolvimento de técnicas como a pirólise. Nesse processo, as ligações intramoleculares são quebradas e o produto final é um óleo de poder calorífico interessante para queimas posteriores. O estudo de Williams, Cunliffe e Jones em 2005, concluiu que o óleo derivado da pirólise de resíduos poliméricos apresentou propriedades similares ao óleo derivado de petróleo, em termos de viscosidade, conteúdo de enxofre e faixa de destilação, porém o poder calorífico foi menor (WILLIAMS, CUNLIFFE & JONES, 2005).

O único estudo encontrado sobre reciclagem de resíduos elétricos especificamente foi o de De Marco e colaboradores, que em 2008 apresentaram resultados de pirólise sob nitrogênio em autoclave a 500°C de polietileno proveniente de revestimento de cabos elétricos. Foram obtidos 44,1% (p/p) de óleo e 23% (p/p) de gases que são suficientes em quantidade para sustentar o processo energeticamente. O metal separado pode ser reciclado e o óleo pode ter um uso potencial como fonte de energia ou de substâncias químicas (DE MARCO et al, 2008).

### 2.2.4 RESÍDUOS CERÂMICOS DESCARTADOS

Os materiais cerâmicos descartados por empresas distribuidoras de energia geralmente são partes de porcelana e/ou vidro presentes nos isoladores, pára-raios, chaves faca e chaves fusível. Apesar de boa parte destes produtos estarem sendo substituídos por outros cujas partes isoladoras são poliméricas, os que

possuem cerâmicas e vidros ainda são bastante utilizados, e até por conta da substituição, bastante descartados. Porém, sua reciclagem é pouco provável devido a complicações intrínsecas da matéria-prima.

Peças ou quaisquer refugos sinterizados são de reciclabilidade difícil, pois durante a sinterização podem ocorrer diversos fenômenos como a perda de massa, transformações de fase, mudanças cristalográficas e formação de fase vítrea (KINGERY, BOWEN & UHLMANN, 1976; NORTON, 1973). Além disso, outra dificuldade na reciclagem de materiais cerâmicos está na variabilidade de composições de resíduos semelhantes, o que pode ser suficiente para inviabilizar a obtenção de um reciclado de qualidade.

Uma possibilidade de reaproveitamento de materiais cerâmicos que vem sendo estudada é na composição de argamassas e concretos. Materiais cerâmicos sinterizados (como os próprios tijolos de construção) ou cimentícios hidratados são geralmente rígidos e uma moagem costuma ser suficiente para quebrá-los em tamanhos variados, inclusive semelhantes à areia e brita que são normalmente empregados na construção civil (CALAES et al, 2007).

A substituição dos agregados naturais por reciclados tem recebido muita atenção, principalmente devido a uma resolução federal que obriga os municípios a gerirem com maior responsabilidade ambiental seus resíduos da construção civil, fazendo com que eles ocupem menos espaço nos aterros sanitários (CONAMA, 2002). A possibilidade de usar porcelanas de redes elétricas foi sugerida em 2006 em um estudo sobre o aproveitamento de porcelanas elétricas em misturas com cimento para a obtenção de concreto (PORTELLA et al, 2006).

No processo de fabricação do vidro não há sinterização e sim a fusão. No entanto, esta deve ser precedida por uma separação criteriosa a fim de melhorar as propriedades do produto final, deixando-as próximas às do produto virgem. Uma empresa distribuidora de energia pode ser considerada uma importante fonte de vidros descartados de composição semelhante, mas geralmente são descartados juntamente com ferragens associadas. Essa mistura de materiais que trazem riscos ocupacionais, somados com o número reduzido de recicladores de vidro em relação aos outros materiais, fazem com que esse resíduo seja pouco atrativo. Isso porque a separação tem que ser muito criteriosa não só nos tipos de vidro entre si, mas também de outros materiais como metais, plásticos e inclusive poeira que podem dar origem a incrustações ou bolhas que reduzem as aplicações nobres do reciclado.

## 2.2.5 OUTROS RESÍDUOS SÓLIDOS DESCARTADOS

Resíduos considerados perigosos devido as suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem trazer riscos aos trabalhadores e a população em geral no caso de um manejo inadequado. Dentre esses resíduos estão as telhas de amianto, lâmpadas fluorescentes, latas contendo tintas e resíduos sólidos contendo óleo de transformador, este último pode ser o principal problema para essas empresas por apresentarem em sua composição materiais nocivos ao ambiente e/ou à saúde.

Os transformadores atualmente utilizam óleos minerais, ésteres sintéticos e naturais, mas principalmente óleo de silicone. Até 1981 era permitido no Brasil o uso do ascarel, baseado numa bifenila policlorada (PCB, na sigla em inglês), extremamente tóxica, mas eficiente como óleo de transformador. Acredita-se que procedimentos falhos na troca do ascarel por silicone são responsáveis pelo fato de que o óleo de silicone em uso hoje em dia ainda esteja contaminado com PCBs (ANTONELLO, 2006).

Outros materiais amplamente descartados e potencialmente perigosos são os equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletiva (EPCs). A maior parte são enquadrados como poliméricos, mas outros itens não costumam ser reciclados, mas possuem boas possibilidades de reutilização.

## **2.3 RESULTADOS**

### **2.3.1 O ATUAL SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS**

O resíduo de uma empresa de distribuição de energia pode ser proveniente de duas maneiras:

- De serviços cotidianos e emergenciais de manutenção da rede;
- De a realização de projetos de substituição/adequação de redes antigas e de novas instalações.

No caso de serviços cotidianos e emergenciais da rede, os resíduos da AES Eletropaulo são separados nas sedes das 145 subestações e das cinco regionais (que dão capilaridade ao atendimento domiciliar da empresa). Desses locais, seguem de caminhão para a Central de Resíduos, não existe entretanto um setor que avalie as peças retiradas das redes para verificação de sua funcionalidade.

Quando há um projeto de implantação de nova rede ou de substituição/adequação de novas redes, as empreiteiras contratadas se comprometem com a destinação dos resíduos, devidamente separados conforme classificação da companhia, para a Central de Resíduos. Percebeu-se, porém que são necessários ajustes no procedimento entre contratante e contratada para evitar a geração de resíduos. Por exemplo, em um dos levantamentos em campo, constatou-se 30 carretéis com 15 metros de cabo cada na Central de Resíduos, todos provenientes de uma mesma empreiteira. Mediante uma inspeção visual foi possível constatar que eram cabos novos, sem uso e sem danos, caso fosse realizada uma conexão dos mesmos a concessionária teria reaproveitado um total de 450 metros de cabos, nesse caso isolados.

A empresa determina que os resíduos sólidos não perigosos decorrentes das atividades-fim sejam divididos em 30 itens, divisão esta baseada primariamente no produto descartado e, como segunda prioridade, o material predominante que a compõe. Um exemplo disso é o item “chave faca, chave fusível e para-raio”, que possuem materiais poliméricos, cerâmicos e metálicos. Já os resíduos perigosos são subdivididos conforme são gerados, pois cada um pode necessitar de um tratamento e/ou destinação específico.

A empresa de reciclagem contratada pela AES Eletropaulo, possui no seu rol de produtos aço inoxidável, aço carbono, cobre e suas ligas, alumínio e suas ligas, PVC, polietileno e poliamida na forma de matéria-prima para outras indústrias. Em alguns casos, essa empresa apenas repassa o material comprado a outras empresas, assim como o faz com outros materiais adquiridos da AES Eletropaulo, cerâmicos, madeira e outros. Caso não haja compradores, a empresa de reciclagem encaminha os resíduos à destinação adequada.

### **2.3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E POTENCIAL DE RECICLAGEM**

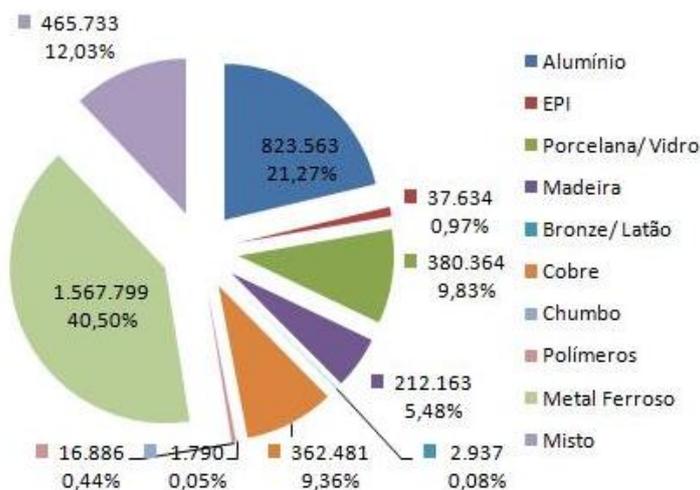
Os dados apresentados na Tabela 1 são os resíduos sólidos gerados pela AES Eletropaulo num período de 11 meses, de junho de 2008 até maio de 2009. Essa tabela foi confeccionada a partir de dados fornecidos pela empresa e representa a geração e posterior comercialização dos resíduos sólidos de acordo com a separação realizada atualmente.

**Tabela 1 – Resíduos sólidos não perigosos gerados pela AES - Eletropaulo (junho/08 - maio / 09).**

Descrição	Qtde (kg)	Descrição	Qtde (kg)
Ferro galvanizado	778.866	Cobre (coberto com chumbo)	36.458
Ferro misto	476.572	Alumínio com liga	36.363
Isolador com ferragem	251.598	EPI's e EPC's	34.498
Alumínio nú (sem alma de aço)	249.176	Mufla e trafo	27.994
Alumínio isolado	237.515	Cobre (fios e cabos flexíveis)	26.101
Medidores de energia	222.490	Cruzeta de madeira	20.419
Aço silício	181.711	Cobre nu (fios e cabos)	19.387
Madeiras e bobinas podres	172.508	Plástico (peças diversas)	14.540
Cobre com isolamento	150.739	Bronze e latão (peças diversas)	2.692
Chave fusível/faca/para-raio	133.604	Cobre (peças diversas)	1.982
Alumínio (cabo triplex)	130.520	Chumbo (peças diversas)	1.641
Alumínio (com alma de aço)	101.359	Bobinas de madeira diversas	1.556
Cobre (cabo seco)	97.607	Borracha (peças diversas)	938
Isolador sem ferragem	97.069	Relé fotoelétrico	414
Reator queimado	42.022	Sucata de material sem valor	398
<b>Total</b>		<b>3.548.737</b>	

Os resultados da Tabela 1 foram extrapolados para um período de 12 meses e apresentados na Figura 1. Observa-se uma divisão bem menos detalhada, dessa vez em dez itens, porém não mais por produto e sim por material (exceção EPIs). Por exemplo, 21,27% de alumínio abrangem não só o metal alumínio, pois nos fios e cabos com isolamento também temos uma parte de material polimérico que recobre os mesmos. O mesmo acontece com os fios e cabos com alma de aço, que contêm em seu interior uma parte de material ferroso.

**Figura 1 – Composição anual percentual dos resíduos sólidos da AES Eletropaulo.**



Como pode ser verificado da Tabela 1, a AES Eletropaulo gera cerca de 3,55 mil toneladas de resíduos anuais, sendo aproximadamente 1,57 mil tonelada somente de materiais ferrosos. Alguns exemplos de resíduos ferrosos são apresentados na Figura 2. À esquerda são caixas de medidores utilizadas pela população de baixa renda que estão sendo paulatinamente substituídas por policarbonato e peças diversas de

ferro galvanizado.

**Figura 2 - Exemplos de resíduos ferrosos gerados pela AES Eletropaulo.**



No mesmo período, foram levantados os preços de cada material que foram vendidos às empresas recicladoras atuais. A Tabela 2 apresenta os preços para os vários tipos de resíduos contendo alumínio, cobre, bronze e latão, ferro, chumbo, madeira e vários tipos de resíduo de plástico.

**Tabela 2 - Valores médios dos resíduos.**

Descrição	R\$ / Kg	Descrição	R\$ / Kg
Bobinas de madeira *	30,00	Medidores de energia	1,87
Cu (fios e cabos)	9,94	Aço silício	1,33
Cu (peças diversas)	8,88	Chave fusível/faca/para-raio	1,03
Bronze e latão	7,04	Reator queimado	0,85
Cu (fios e cabos com isolamento)	6,88	Muflas e trafos	0,56
Cu (cabo seco)	5,90	Isoladores com ferragem	0,36
Cu (fios e cabos flexíveis)	4,81	Peças galvanizadas	0,35
Al (sem alma de aço)	4,38	Ferro misto	0,33
Cu (cabo coberto com Pb)	4,25	Relé fotoelétrico	0,28
Cruzeta de madeira	4,09	Plástico (peças diversas)	0,06
Liga de Al (peças diversas)	2,89	Borracha (peças diversas)	0,01
Pb (peças diversas)	2,85	EPI's e EPC's	0,01
Al (com alma de aço)	2,75	Isoladores sem ferragem	0,01
Al (cabo triplex)	2,62	Madeiras e bobinas podres	0,01
Al (fios e cabos com isolamento)	2,57	Sucata de material sem valor	0,01

\* Bobinas de madeira vendidas por peça e não por peso.

Vemos pela Tabela 2 que o cobre, alumínio, bronze e latão, e até mesmo as cruzetas de madeira são materiais altamente valorizados no mercado de reciclagem e de reutilização, e que os plásticos, por sua vez, não o são, são vendidos por apenas R\$0,06/Kg. Os fios e cabos de cobre são vendidos em média a R\$10,00/Kg e quando possuem recobrimento de chumbo o seu valor cai para R\$4,00/Kg. O alumínio na

forma de fios e cabos nus sem alma de aço possuem valor médio de R\$4,00/Kg e quando possui isolamento o seu valor cai para R\$2,50/kg. Portanto vemos que a simples separação desses materiais pode resultar na valorização do material mais nobre. O chumbo tem um valor razoável para venda, de quase R\$3,00/Kg. O ferro possui um mercado fiel, porém o seu valor é relativamente baixo, podendo chegar em torno de R\$1,00/Kg para o aço silício e apenas R\$0,30/Kg para o ferro galvanizado ou misto. Vemos que existem equipamentos descartados, como os isoladores, as chaves faca e fusível, pára-raios e outros que possuem potencial para valorização de sua comercialização se forem desmontados, pois contêm peças de cobre, bronze e alumínio no seu interior.

### 2.3.2 POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO

Durante todo esse processo foi possível constatar que alguns dos produtos descartados ainda possuíam uma vida útil bastante longa, porém foram destinados a Central de Resíduos sem necessidade aparente. Entrevistas realizadas com engenheiros da AES Eletropaulo acabaram por corroborar com a opinião da equipe. Um dos casos identificados diz respeito a uma boa parte dos resíduos classificados como isoladores cerâmicos e de vidro que, visualmente, estariam aptos a uma nova utilização. Outros produtos também foram identificados como de alto grau de reaproveitamento, tais como chaves fusíveis, chaves faca e cruzetas

Tabela 3.

**Tabela 3 – Potencial de reutilização de alguns resíduos.**

<i>Materiais com Potencial de Reutilização</i>	<i>Unidades na área de resíduos</i>	<i>% Estimada de Reutilização</i>	<i>Unidades Reutilizáveis*</i>
Isoladores c/ ferragem	50.320	50%	12.580
Isoladores s/ ferragem	32.356	80%	12.943
Chaves Fusível / Faca	6.680	30%	1.002
Cruzetas de Madeira	1.361	30%	204

\* foi empregado um fator de correção de 0,5 para as unidades reutilizáveis, devido a diferença de peso entre as diversas peças e a possibilidade das mesmas de não serem aprovadas em testes laboratoriais.

Entretanto, vale ressaltar que o único método de inspeção empregado foi o visual, tais materiais necessitariam de uma inspeção mais detalhada por parte de engenheiros capacitados para identificar se os mesmos estariam aptos a retornarem a operar normalmente na rede da concessionária.

### 3. Conclusões

Conclui-se que, através de um procedimento mais detalhado de separação dos resíduos gerados, antes mesmo desses serem destinados para a Central de Resíduos, torna-se possível valorizar ainda mais os materiais mais nobres. Um processo de desmontagem de peças, como chaves fusíveis / faca, ou a atuação com parceiros especializados em determinados resíduos (polímeros), também tende a elevar o valor dos resíduos menos nobres. Essas duas ações em conjunto podem maximizar o valor de venda dos resíduos por parte da AES Eletropaulo.

Outro ponto que deve ser considerado é o potencial de reutilização dos resíduos gerados, pois apenas de

isoladores cerâmicos e vidro (com ou sem ferragens), o número de unidade passíveis de reutilização seriam cerca de 25.600. Deve-se entretanto levar em conta procedimentos de retirada dessas peças da linha, acondicionamento em embalagens apropriadas para o transporte e testes de confiabilidade para que as mesmas sejam capazes de retornar para a operação.

#### 4. Referências bibliográficas

ANTONELLO, I. Determinação de asfalteno em óleo mineral isolante de transformador. 2006. 63f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. *Waste Management & Research*, 25, p. 307-318, 2007.

BARBA-GUTIÉRREZ, Y.; ADENSO-DÍAZ, B.; HOPP, M., An analysis of some environmental consequences of European electrical and electronic waste regulation. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, p. 481-495, 2008.

CALAES, G. D. et al. Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país - parte 1. *Revista Escola de Minas*, 60, n. 4, p. 675-685, 2007.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no. 307, de 5 de julho de 2002. Brasília, DF, 2002. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 21 ago. 2009.

DE MARCO, I. et al. Pyrolysis of electrical and electronic wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 82, p. 179-183, 2008.

DIMITRAKAKIS, E. et al. Determining recyclables and hazardous substances in plastics. *Journal of Hazardous Materials*, 161, p. 913-919, 2009.

EHRIG, R. J. *Plastics recycling*. Nova Iorque: Hanser Publishers, 1992.

KINGERY, W. D.; BOWEN, H. K.; UHLMANN, D. R. *Introduction to Ceramics*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1976.

LA MANTIA, F. P. (Ed.) *Handbook of plastics recycling*. Shawbury: Rapra Technology, 2002.

LIU, X.; MATSUI, M. T. Y. Electrical and electronic waste management in China: progress and the barriers to overcome. *Waste Management & Research*, 24, p. 92-101, 2006.

MANO, E. B.; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. *Meio ambiente, poluição e reciclagem*. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

MANOMAIVIBOOL, P. Extended producer responsibility in a non-OECD context: The management of waste electrical and electronic equipment in India. *Resources, Conservation and Recycling*, 53, p. 136-144, 2009.

MANRICH, S.; FRATTINI, G.; ROSALINI, A. C. *Identificação de plásticos: uma ferramenta para a reciclagem*. São Carlos: Ed. da UFSCar, 1997.

NASCIMENTO, S. M.; DUTRA, R. I. J. P.; NUMAZAWA, S. *Resíduos de indústria madeireira:*

caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. *Holos Environment*, 6, n. 1, p. 8-21, 2006.

NORTON, F. H. *Introdução à Tecnologia Cerâmica*. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

PORTELLA, K. F. et al. Reciclagem secundária de rejeitos de porcelanas elétricas em estruturas de concreto: determinação do desempenho sob envelhecimento acelerado. *Cerâmica*, 52, p. 155-167, 2006.

RADER, C. P. et al (Ed.). *Plastics, Rubber and Paper Recycling: A Pragmatic Approach*. American Chemical Society, Washington, 1995.

SHACKELFORD, J. F. *Ciência dos Materiais*. São Paulo: Prentice Hall, 2008.

WIEBECK, H.; PIVA, A. M. *Reciclagem do Plástico*. São Paulo: Art Líber, 2005.

WILLIAMS, P. T.; CUNLIFFE, A.; JONES, N. Recovery of value-added products from the pyrolytic recycling of glass-fiber-reinforced composite plastic waste. *Journal of the Energy Institute*, 78, n. 2, p. 51-61, 2005.

ZANIN, M.; MANCINI, S. D. *Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia*. São Carlos: Ed. da UFSCar, 2004.

---