

Universidade de Brasília
Faculdade UnB Gama
Engenharia e Ambiente

Análise do Ciclo de Vida de Baterias para Celulares

Este relatório contém os resultados de pesquisa aplicada em Avaliação de Ciclo de Vida realizado no segundo semestre de 2011, como parte das exigências da disciplina 'Engenharia e Ambiente', do primeiro semestre dos Cursos de Engenharias Automotiva, Eletrônica, Energia e Software.

Adriano Cyrino de Sousa

Douglas Bardales da Cruz

Igor Metz

Luan de Oliveira Nolêto

Paulo Henrique Tada Ferreira Santos

Rafael Castro

Revisão em fevereiro 2012 – Renata C. Roncoleta

Gama, Dezembro 2011

Apresentação

Este projeto de pesquisa foi feito com a intenção de analisar o ciclo de vida das baterias de celulares - da extração de matéria prima á destinação final dos resíduos da produção e da reciclagem do produto final, a bateria pronta para o uso - com as referências e informações mais confiáveis possíveis e tendo como base baterias fabricadas e utilizadas pela empresa Samsung.

A partir do momento que nos foi proposta a realização de um trabalho com o tema principal sendo bateri, o grupo mostrou interesse, porém não tínhamos noção do que nos aguardava e da abrangência dos assuntos que deviam ser abordados, tendo em vista que essa foi a primeira experiência de todos os componentes da equipe em um projeto de pesquisa aplicada.

Assim que as pesquisas foram iniciadas foi possível vivenciar as dificuldades causadas pela complexidade e escassez de informações e dados úteis. Uma das primeiras atitudes tomadas foi a tentativa de contato com a empresa fabricante de baterias e a falta de resposta às nossas inúmeras tentativas de contato nos deixaram preocupados. Tendo em vista que as condições eram desfavoráveis tivemos que nos desdobrar e aos poucos os resultados foram aparecendo em forma de informações preciosas que estão contidas no estudo.

Ao longo do desenvolvimento do artigo foram encontradas certas dificuldades pra coletar dados precisos e confiáveis e juntá-los de uma forma resumida, mas sem perder a essência e o seu conteúdo inicial.

A elaboração dos fluxogramas foi sem duvida a parte mais difícil de nosso estudo visto que precisávamos de alguns dados muito específicos como: o maquinário utilizado em cada etapa de produção do lítio ou os resíduos produzidos nestas. Porém com a assistência da professora e dos monitores que estavam sempre disponíveis durante as aulas para nos auxiliar conseguimos elaborá-los de forma bem sucinta e direta.

De forma geral este trabalho se revelou bastante útil como uma experiência inicial do que iremos nos deparar no meio acadêmico. Não será uma trajetória fácil, porém muito recompensadora quando concluída.

Resumo

Este estudo foi desenvolvido justamente com o principal objetivo de analisar e expor o ciclo de vida das baterias de telefones celulares, aparelhos eletroportáteis que já são considerados popularmente uma ferramenta de sobrevivência da população. Com o intuito de facilitar a compreensão desse ciclo de vida, esse artigo se abrange desde a extração de sua matéria prima até a destinação final dos resíduos da produção e da reciclagem do produto final (a bateria pronta para o uso), tendo como base baterias de íons de lítio fabricadas e utilizadas pela empresa internacional Samsung.

Palavras-chave: baterías, análise do ciclo de vida, íons de lítio.

Abstract

This study was designed just for the main purpose of analyzing and exposing the life of batteries of cell phones, small devices that are already popularly considered a tool of survival of the population. In order to facilitate the understanding of this life cycle, this article covers everything from the extraction of their raw materials to final disposal of waste production and recycling of the final product (the battery ready of use), based on lithium-ion manufactured batteries and used by the international company Samsung.

Key words: batteries, life cycle analysis, lithium-ions.

Sumário

1. Introdução	
5	
2. Objetivos	
7	
2.1. Objetivo geral	7
2.2. Objetivos específicos	7
3. Revisão Bibliográfica	
8	
3.1. Baterias	8
3.1.1. Tipos de baterias	
3.1.2. Componentes básicos e funcionamento	
3.2. Lítio	9
3.2.1. Extração e produção	
3.3 Reciclagem	10
3.3.1. Lixo eletrônico	
3.3.2. Processo de reciclagem de lítio e cobalto	
4. Métodos	14
5. Resultados e análise	17
6. Conclusão	19
7. Referências Bibliográficas	21

1. Introdução

O consumo de eletro-portáteis cresceu em larga escala nos últimos anos, e a tendência é desse crescimento continuar, visto que as empresas têm como proposta a portabilidade de seus equipamentos mais modernos. Os notebooks, que ganham cada vez mais espaço entre os equipamentos pessoais substituindo os antigos computadores de mesa, cresceram exorbitantemente em cinco anos, chegando a uma taxa de crescimento de 1300% de 2005 para 2008, segundo a ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica), (COSTA, 2010).

Brasil – Mercado de Notebooks (Vendas em mil unidades)				
2004	2005	2006	2007	2008
194	313	675	1.912	4.300

Tabela 1 – Estatística da venda de notebooks no Brasil.

Entre esses eletrônicos está o celular, que quase dobrou em quantidade nos últimos anos atingindo a quantidade aproximada de 227 milhões de aparelhos no Brasil, colocando-o em um dos primeiros no rank mundial, segundo a Anatel no ano de 2007 (TELECO, 2007). Tal crescimento é fruto da necessidade pessoal de manter-se conectado ao mundo, sendo que, aparelhos celulares mais modernos, não apenas oferecem a opção de ligações telefônicas, mas também oferecem funcionalidades semelhantes a um computador de mesa comum, como mandar e-mail, conectar-se a rede on-line mundial, processar vídeos e músicas, jogos eletrônicos, entre outros, além de quase substituir o relógio de pulso e as câmeras fotográficas (VIERA, SOARES, 2009).

A bateria é um componente fundamental para a continuação deste crescente fluxo, assim as fabricantes de celulares necessitam de uma maior demanda de recursos para produção das baterias e de um maior apoio para pesquisas e projetos de tecnologias melhores e mais eficientes que façam com que a durabilidade da bateria seja maior (BUSNARDO, PAULINO, AFONSO, 2007).

Como todo outro componente, a matéria-prima para a produção é retirada de uma matriz que contém uma quantidade limite para extração desses recursos, ou seja, o uso

contínuo e extensivo pode causar o esgotamento de fontes naturais. Com isso, há uma geração em grande quantidade de poluição em todas as etapas de produção e processamento de uma bateria. Esse problema atinge as grandes empresas que se preocupam com a sua credibilidade com relação à poluição que a suas indústrias estão causando ao meio ambiente, como por exemplo, os resíduos restantes durante a fabricação das baterias e o seu destino final após o descarte (REIDLER, GUNTHER, 2006).

Com esta visão, a indústria necessita de uma Análise do Ciclo de Vida de seus produtos. Essa análise usada inicialmente pelos militares com o objetivo de colocar o recurso específico em um determinado local e horário para o sucesso das batalhas, hoje é usado pelas indústrias para um controle mais eficiente do uso de matéria-prima para a produção de sua mercadoria. Esta análise consiste em uma logística reversa onde são rastreados os processos e os componentes de um fluxo de produção, quantificando a matéria de entrada em cada etapa, o consumo de energia, resíduos e emissões (VIEIRA, SOARES, SOARES, 2009).

Atualmente, a bateria de íon lítio tem tido maior espaço no mercado, pela a sua maior capacidade de armazenamento de carga e por não ter o mesmo problema de “vício” que contém nas baterias de níquel-cádmio, que consiste em uma perda gradativa da capacidade de acúmulo de carga diminuindo o seu tempo de vida útil. Mesmo as baterias de lítio não contenham chumbo ou mercúrio, que são compostos tóxicos, ela contém outros metais que são de igual toxidade para o meio ambiente e para a saúde humana, tais como o manganês, cobre, ferro, cobalto, alumínio e o níquel (AFONSO, BUSNARDO, BUSNARDO, 2004).

Visando este quadro foram criadas no Brasil regulamentações que proíbem o descarte de baterias em aterros sanitários revogado pela Resolução nº 401 publicada em 2008, além de outras medidas. Empresas responsáveis pela venda de baterias são obrigadas a receber, de seus consumidores, as baterias a serem jogadas fora e destina-las a um tratamento específico. Pela falta de comprimento dos regulamentos, fora aprovado no final de 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que cobra das empresas a análise da logística reversa de seus produtos (WOLFF, CONCEIÇÃO, sd).

Com esse contexto e a visão geral da presente situação, este trabalho atribui a análise do ciclo de vida das baterias de lítio, tendo como base baterias produzidas pela empresa Samsung.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Este artigo tem por finalidade mostrar, de uma maneira mais abrangente, o que ocorre com as baterias, desde a extração de suas matérias-primas até a distribuição do produto, já pronto, às fábricas de celulares.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Identificar e localizar uma fabricante de celulares;
- Realizar pesquisa bibliográfica e junto ao fabricante;
- Verificar se a Samsung possui alguma informação sobre a política ambiental ou social publicada;
- Identificar os componentes presentes nas baterias;
- Identificar o processo de fabricação das baterias;
- Identificar as ações tomadas pela empresa quanto à implementação da logística reversa de acordo com a Lei 12.305/2010;
- Identificar as consequências causadas na extração desses componentes e no processo produtivo;
- Quantificar o Polímero de Lítio utilizado na produção das bateria;
- Elaborar um fluxograma da produção do lítio, quantificando massa, energia, resíduos e emissões.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Baterias

Alessandro Volta (1745-1827), físico italiano, criou por volta de 1800 a primeira pilha elétrica, conhecida como Pilha de Volta, que é um dispositivo que transforma energia química em energia elétrica através de um processo de redução. A pilha de Volta é constituída por um monte de discos empilhados (daí o nome de pilha) que eram feitos de dois tipos de metais: prata e zinco. Os discos foram separados um do outro por uma peça de tecido ou cartas de baralho embebido em salmoura (SANTANA, 2008). A partir dessa revolução começaram a se desenvolver e aperfeiçoar os componentes e a eficiência do processo de armazenagem de energia portátil, sendo posteriormente substituída pelo lítio (mais usadas atualmente), passando por outros compostos menos eficientes como cobre, chumbo, cádmio entre (Quadro 1).

Ano	Cientista	Contribuição
1600	Willian Gilbert	Iniciou o estudo da eletroquímica.
1791	Luigi Galvani	Descobriu a eletricidade em músculos e células nervosas.
1800	Alessandro Volta	Inventou a Pilha de Volta.
1833	Michael Faraday	Estabeleceu as Leis da eletrólise que levam o seu nome.
1836	John Frederic Daniell	Inventor da pilha de Daniell.
1859	Gaston Planté	Inventor da pilha ácida de chumbo.
1868	George Leclanché	Inventor da pilha seca que levar o seu nome.

1899	Waldmar Jungner	Inventor da bateria recarregável níquel-cadmio.
1901	Thomas Edison	Inventor da bateria de Ni/Fe.
1932	Sabine Schlecht e Hartmut Ackermann	Inventores pilha em pastilha.
1960	Lewis Urry	Desenvolvimento da primeira pilha alcalina.

Quadro 1: História do desenvolvimento da pilha. Fonte:
<<http://www.cq.ufam.edu.br/bateria/Desenvolvimento.html>>

O mercado para dispositivos primários consiste basicamente na produção de baterias para aparelhos portáteis. As baterias secundárias ou recarregáveis representam maior interesse devido à grande demanda atual de aparelhos celulares e microcomputadores portáteis (VARELA, HUGUENIN, MALTA, TORRES, 2000).

3.1.1 – Tipos de Baterias

As baterias dividem-se em quanto a funcionalidade e quanto a composição química, que variou junto com a busca de um composto químico que tivesse maior densidade energética ao longo dos anos.

Quanto à funcionalidade, as baterias consistem em: primárias e secundárias. As primárias são aquelas que após o descarregamento, ou seja, ter concluído um ciclo completo de carga, elas são inutilizadas. Esse processo está presente principalmente em pequenas baterias, denominadas pilhas, utilizadas em pequenos aparelhos de baixa voltagem. Já as baterias secundárias são recarregáveis que, após a conclusão do seu ciclo, pode ser energizado novamente, sendo que, para ser considerado uma bateria secundária o dispositivo deve ser capaz de realizar 300 ciclos completos de carga e descarga (BOCCHI, FERRACIN, BIAGGIO, 2000).

3.2. Lítio

Atualmente o lítio é o mais utilizado na produção das baterias, pela sua alta capacidade de energia baixa auto-descarga, em contraposto as baterias antecessoras - chumbo e cádmio.

Estes tipos de bateria eram pouco duráveis por causa do, como é conhecido, “efeito memória”, popularmente conhecido como o “vício” da bateria, que consiste na diminuição gradativa do acúmulo de carga, além de seus compostos serem mais tóxicos, assim prejudiciais a saúde humana (SILVA, sd).

3.2.1 – Extração e produção

O lítio é encontrado em salmouras em minerais como espodumênio, eucryptita, petalita, lepidolita, ambligonita e montebrasita. A concentração de lítios nessas rochas minerais é variável entre 2% e 5,5% ou 4,5% e 12% de Li_2O (óxido de lítio). Mesmo com esta concentração se apresentando baixa, o lítio é encontrado em 145 tipos de minerais. Ainda sim, pela sua pequena quantidade, o mais leve dos metais é considerado um metal raro (CETEM, 2008).

No Brasil, foi criada a Companhia Brasileira de Lítio (CBL), que segundo o CETEM, faz a lavra subterrânea no estado de Minas Gerais, nos municípios de Araçuaí e Itinga. O concentrado do lítio (espodumênio) produzido é deslocado para a fábrica da CBL, localizada no município de Divisa Alegre, também no estado de Minas Gerais (CETEM, 2008).

A produção de lítio teve como pioneira a Alemanha, utilizando minérios da região da Bohemia e Saxônia. No início do século XX, os Estados Unidos passaram a ser o maior produtor de minérios e compostos de lítio, dominando o mercado mundial do produto (CETEM, 2008).

O Chile e a Argentina, na atualidade, tem sido os maiores produtores de lítio mundiais . Isto se deve ao fato de algumas empresas norte-americanas terem feitos investimentos nas regiões do Deserto de Atacama, no Chile, e do Salar del Hombre Muerto, na Argentina. Este desvio de investimento resultou no fechamento das indústrias no estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, que produziam a custos significativamente superiores quando comparados à atual produção na América do Sul (CETEM, 2008).

3.3. Reciclagem

A reciclagem consiste em separar os materiais que compõem um objeto e prepará-los para serem usados novamente como matéria-prima dentro do processo industrial. Nem sempre a reciclagem se destina à reinserção dentro do mesmo ciclo produtivo: um eletrônico reciclado pode gerar materiais que vão ser utilizados em outras indústrias.

3.3.1. Lixo Eletrônico

Através de pesquisas sobre a reciclagem foi verificado que alguns dos destinos dos materiais componentes de celulares: os plásticos vão para empresas recicladoras, os tubos dos monitores são cortados em via úmida e geram óxidos metálicos, as placas passam por moagem e separação química e depois banho e separação interna para retirar os metais que estão agregados na matéria-prima. Todo o processo é químico. Após o reprocessamento dos resíduos tecnológicos, são obtidos sais e óxidos metálicos que serão utilizados nas indústrias de colorifício, cerâmicas, refratárias e indústrias químicas (SILVA, MARTINS, OLIVEIRA, 2007).

Também existem empresas estrangeiras que realizam a captação no Brasil, mas levam o material para ser processado fora. O processo realizado por estas empresas pode ser descrito como: primeiramente separam a sucata eletrônica por classe, após isso efetuam a destruição através da moagem e exportam para usinas. Lá é feita uma desintoxicação (processo de elevação de temperatura em câmara selada a 1200°C e resfriamento em 4 segundos para 700°C), filtragem de dioxinas, liquidação, separação por densidade, separação por eletrólise, decantação, refinagem, solidificação em barras (SILVA, MARTINS, OLIVEIRA, 2007).

Apesar da reciclagem ser uma atitude altamente recomendada as empresas acabam se deparando com um enorme problema: a concorrência informal, que atua sem nenhuma preocupação ambiental ou de segurança do trabalho, mesmo assim o mercado não está saturado (SILVA, MARTINS, OLIVEIRA, 2007).

3.3.2. Processo de reciclagem do Lítio e do Cobalto

Em 2000, a produção mundial de baterias secundárias de lítio chegou à ordem de 500 milhões de unidades (Lee, Rhee, 2003). A partir daí, estima-se que a geração de resíduos de baterias usadas chegou de 200 mil a 500 mil toneladas, com teores (em peso) de cobalto entre 5% e 15%, bem como 2% a 7% de lítio.

O cobalto é o componente mais valioso, juntamente com o eletrólito. Conseqüentemente, o processo de reciclagem necessitará recuperar pelo menos esse elemento químico. Por outro lado, o cobalto e o lítio estão sujeitos a um aumento de valor de mercado, o que pode incentivar a coleta seletiva e a reciclagem desses materiais. O cobalto apresentou, de 1998 a 2002, uma variação de preço entre US\$ 20 e US\$ 40 por quilo, o que induz um grau variável de lucratividade, parâmetro crítico para que o processo de reciclagem se torne viável do ponto de vista econômico (LAIN, 2001).

As baterias de lítio são essencialmente processadas em dois países: Canadá e Estados Unidos. A reciclagem de uma bateria primária de lítio apresenta risco em função da possibilidade de fogo e explosão devido ao lítio e ao solvente não aquoso. Tentativas de abri-las podem expor as baterias à umidade do ar, provocando reações violentas. Na etapa crítica de abertura mecânica da pilha (trituração, moagem), os processos empregam o elemento químico argônio na forma líquida ou fornos com alta taxa de ventilação. Na Europa, ainda não se tem um processamento efetivo dessas baterias. As baterias secundárias de lítio são as mais empregadas nos estudos de reciclagem (BUSNARDO, PAULINO, AFONSO, 2006).

O processamento de baterias usadas de lítio deve obedecer a duas condições:

a) recuperação maximizada dos componentes de valor do produto usado;

b) tratamento de materiais não recuperados para obter formas seguras de descarte. Em termos ecológicos, impõe-se que, no futuro, as baterias sejam as mais recicláveis possíveis, reduzindo a pressão por fontes naturais.

O processamento da bateria de lítio é relativamente simples devido essencialmente à química bem diferenciada de seus componentes. Apesar disso, acredita-se que não se esgotou o rol de possibilidades para estabelecer novos processos de recuperação de componentes dessas baterias. Por exemplo, extrações em fase sólida – que dispensam a dissolução da bateria em meio ácidos – e agentes complexantes – que favorecem a solubilização seletiva de metais – estão em curso em vários laboratórios, o que proporciona a geração de menos resíduos. O tratamento dos resíduos inclui o gerenciamento do flúor – grave poluente ambiental – presente na formulação do eletrólito, o que vem estimulando a substituição desse elemento químico por polímeros sólidos condutores (BUSNARDO, PAULINO, AFONSO, 2006).

Isso tem levado ao desenvolvimento das chamadas baterias de lítio-polímero, que armazenam até 50% mais energia que as baterias de íons lítio. Além disso, quando comparadas a estas últimas, são mais leves, têm vida útil até duas vezes maior e não contêm líquidos – onde se localiza o eletrólito –, dispensando, assim, blindagem metálica, bastando um invólucro plástico (BUSNARDO, PAULINO, AFONSO, 2006). Logo a baixo foi colocado um esquema para ilustrar o processo de reciclagem e recuperação do cobalto e do lítio das baterias usadas:

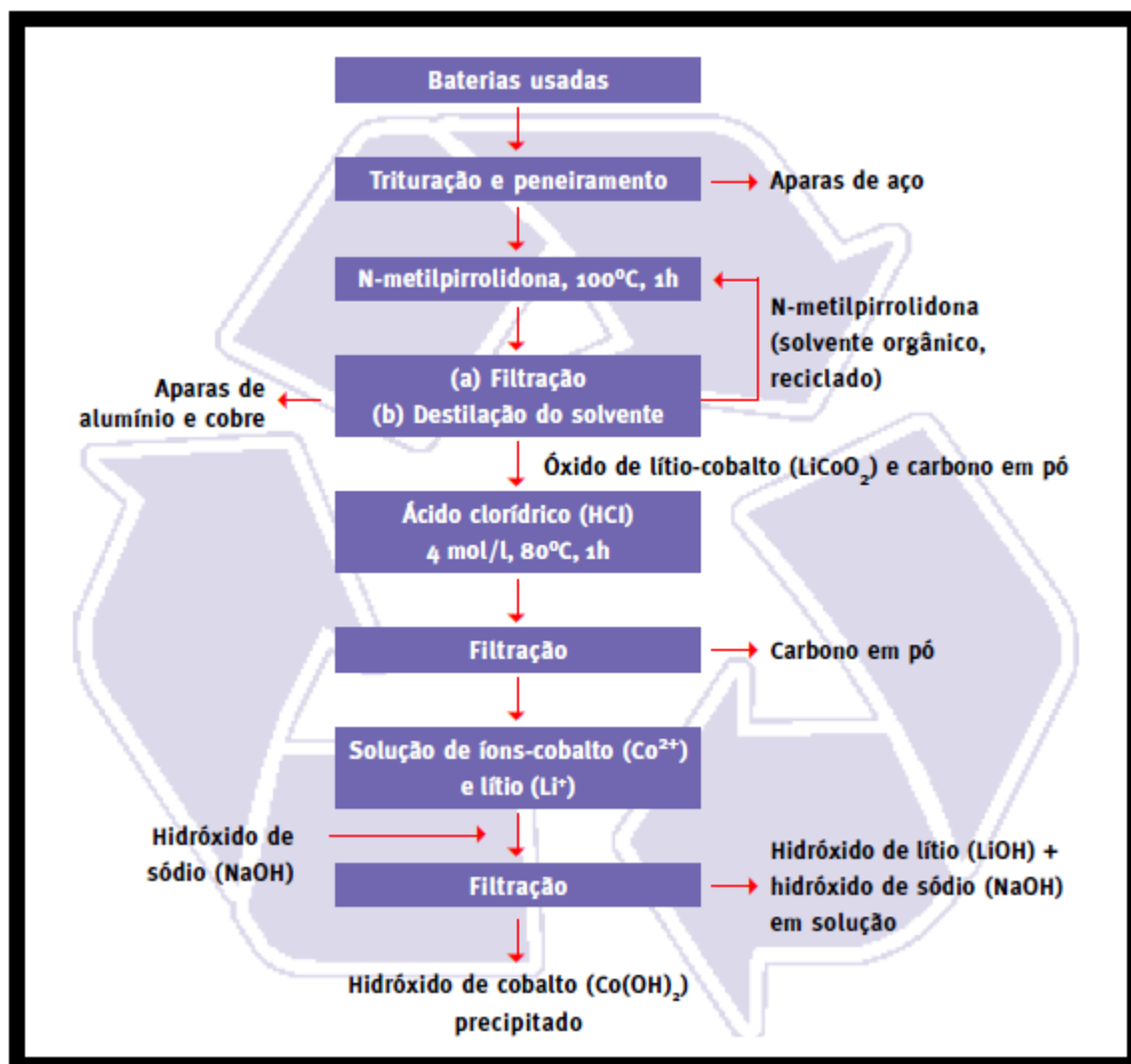


Figura 1 – Fluxograma básico de recuperação do lítio, carbono e cobalto de baterias usadas. Fonte: Ciência Hoje, vol. 35, 2004

4. Métodos

A coleta de dados fora realizada durante e após os períodos de aulas de Engenharia e Ambiente na Universidade de Brasília – Gama durante os meses de Outubro e Novembro de 2011, utilizando a rede on-line mundial com foco em pesquisas em sites de procura por artigos científicos e acadêmicos correlacionadas com o assunto, baterias, lítio, análise do ciclo de vida de baterias, além de informações extras coletadas em revistas impressa e digital.

Para a análise de dados relacionados a empresas, a pesquisa foi conduzida para o site da empresa Samsung. Entretanto, o site foi insuficiente para a análise completa de sua política ambiental e embora tenhamos enviado e-mails para a fabricante através do endereço disponibilizado pela própria empresa, e ainda fora realizado contato via telefone com o número disponível no site.

Os artigos pesquisados tinham, em sua maioria, como metodologia, pesquisa de campo onde era feito uma observação geral e específica em um determinado período. Havia referências de livros específicos ou artigos científicos com a mesma temática.

Quanto a montagem do fluxograma, foram coletados dados de diversos artigos junto as informações do MDIC para a formação do fluxo da bateria. Segue a tabela com a coleta de dados. Já o fluxograma do lítio foi composto apenas através dos artigos.

	Entrada			Saída			
Processo	Equipamento	Insu- mo	Matéria- Prima	Combustível	Emissões	Resíduos	Produtos
Inspeção	P.P Test	Células Acumuladas	Lítio	Energia Elétrica			Células Acumuladas
Colagem das Fitas	Tap e Cutting	Células Acumuladas		Energia Elétrica			Células + Fitas

Colagem das Tampas	Células + Fitas	Células + Fitas + Tampa
Soldagem Positiva e Negativa	Spoilt Welding Células + Fitas + Tampa	Energia Elétrica Células + Fitas + Tampa
Ponto de Solda PCM	Ultrasonic Welting Células + Fitas + Tampa	Energia Elétrica Células + Fitas + Tampa
Verificação das Dimensões	Células + Fitas + Tampax	Bateria Pronta
Impressão do Rótulo	Impressora Papel	Energia Elétrica Rótulo Impresso
Colagem do Rótulo	Auto-Labeling Bateria Pronta	Energia Elétrica Bateria Rotulada
Medição das Dimensões	Bateria Rotulada	Bateria Rotulada
Verificação da Voltagem	Bateria Rotulada	Bateria Final
Empacotamento	Auto-Pack Bateria Final	Energia Elétrica Bateria Produto Final

Tabela 3 – Planilha de coleta de dados para formação do fluxo da bateria.

A produção de uma bateria é um processo complexo, tendo em vista os inúmeros sub-processos envolvidos. Para sintetizar a compreensão do processo de desenvolvimento de uma bateria, elaboramos um fluxograma, dividido em duas partes, (Figura 2 e Figura 3).

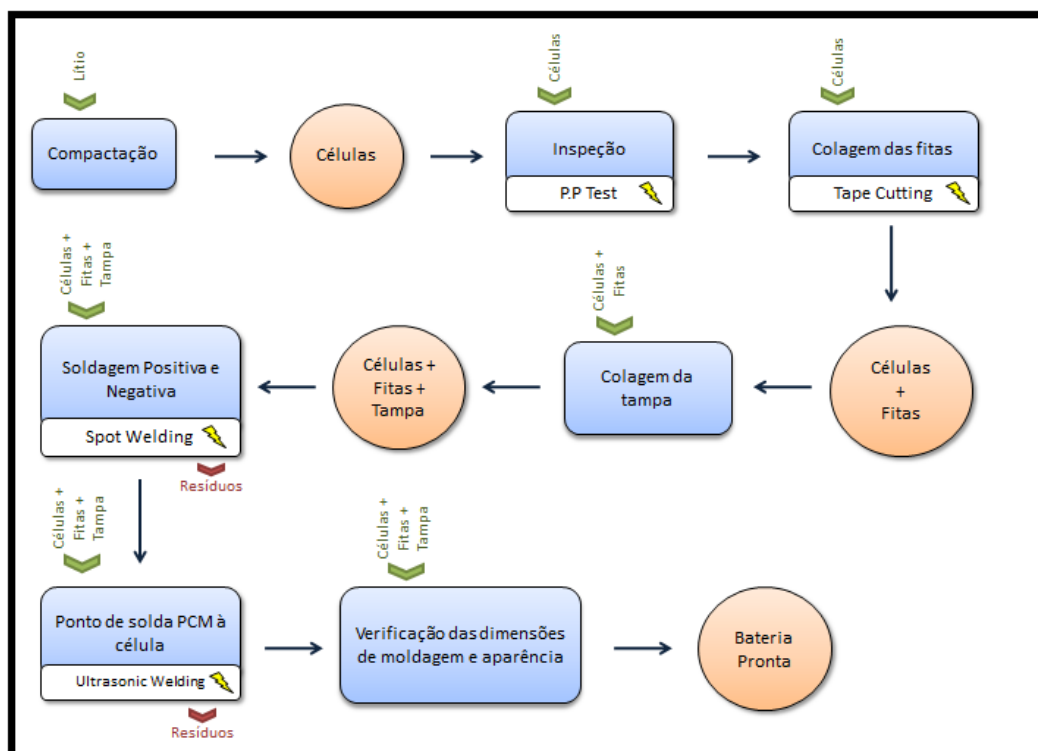


Figura 2 – Fluxograma da bateria.

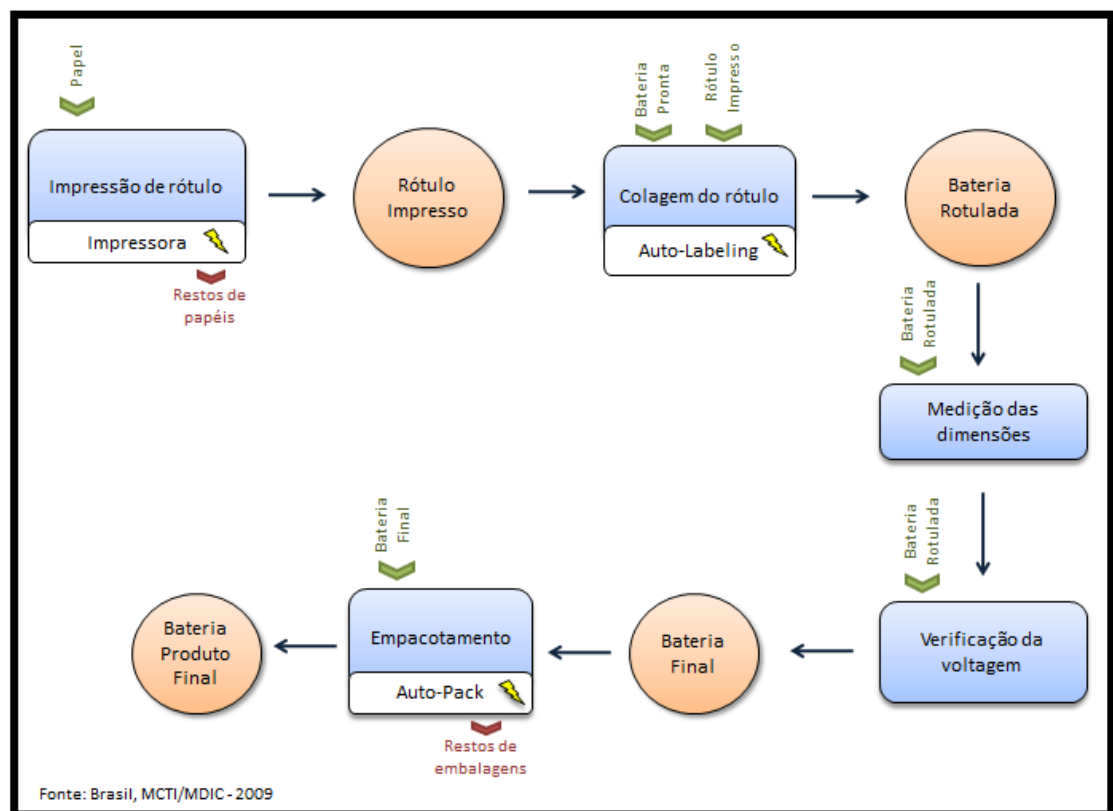


Figura 3 – Fluxograma da bateria.

5. Resultados e análise

Com o decorrer de nossas pesquisas inúmeros dados foram obtidos e como resultado disso foi buscada a essência das informações para apresentá-las de forma sucinta e compreensível. Para tal foram utilizadas algumas ferramentas, foi definido pela equipe demonstrar o processo de extração do principal componente de uma bateria, o Lítio, por meio do seguinte fluxograma representado nas Figuras 4 e 5.

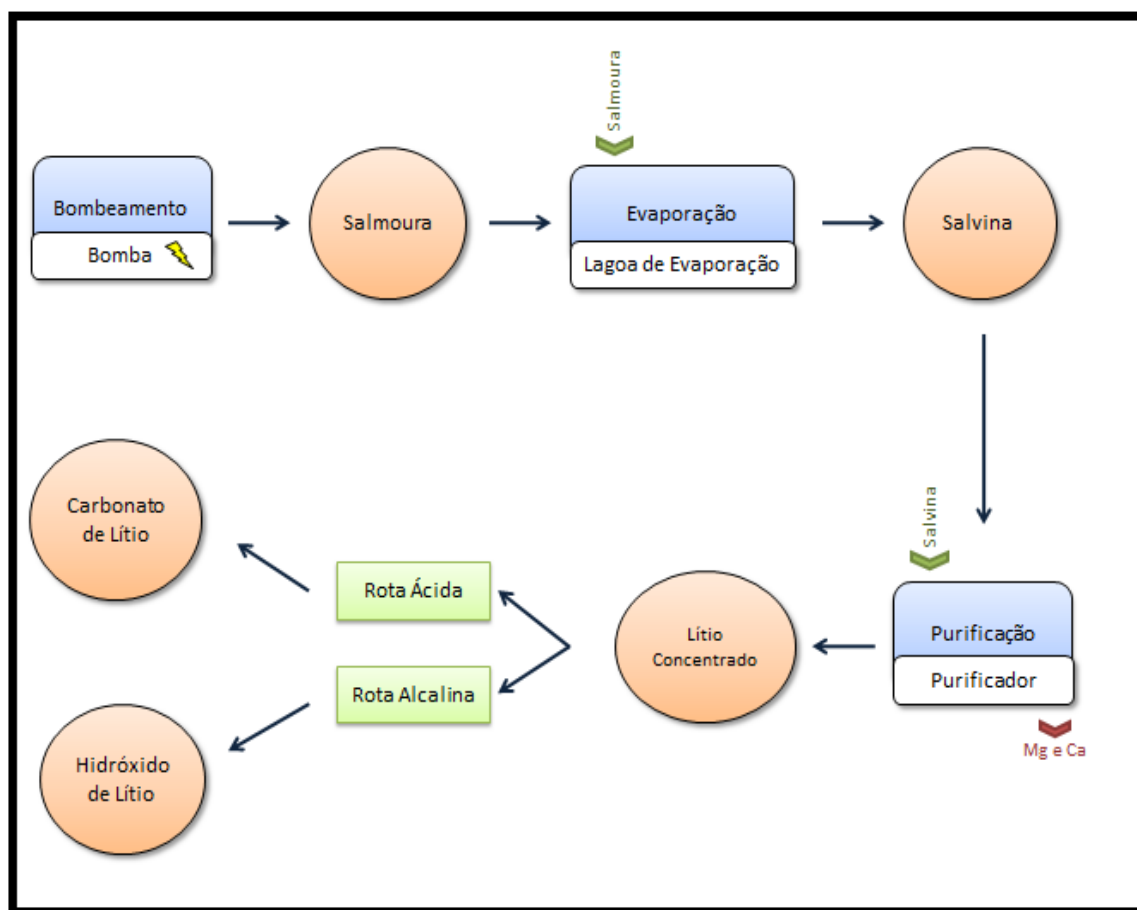


Figura 4 – Fluxograma do Lítio: processo de extração do minério.

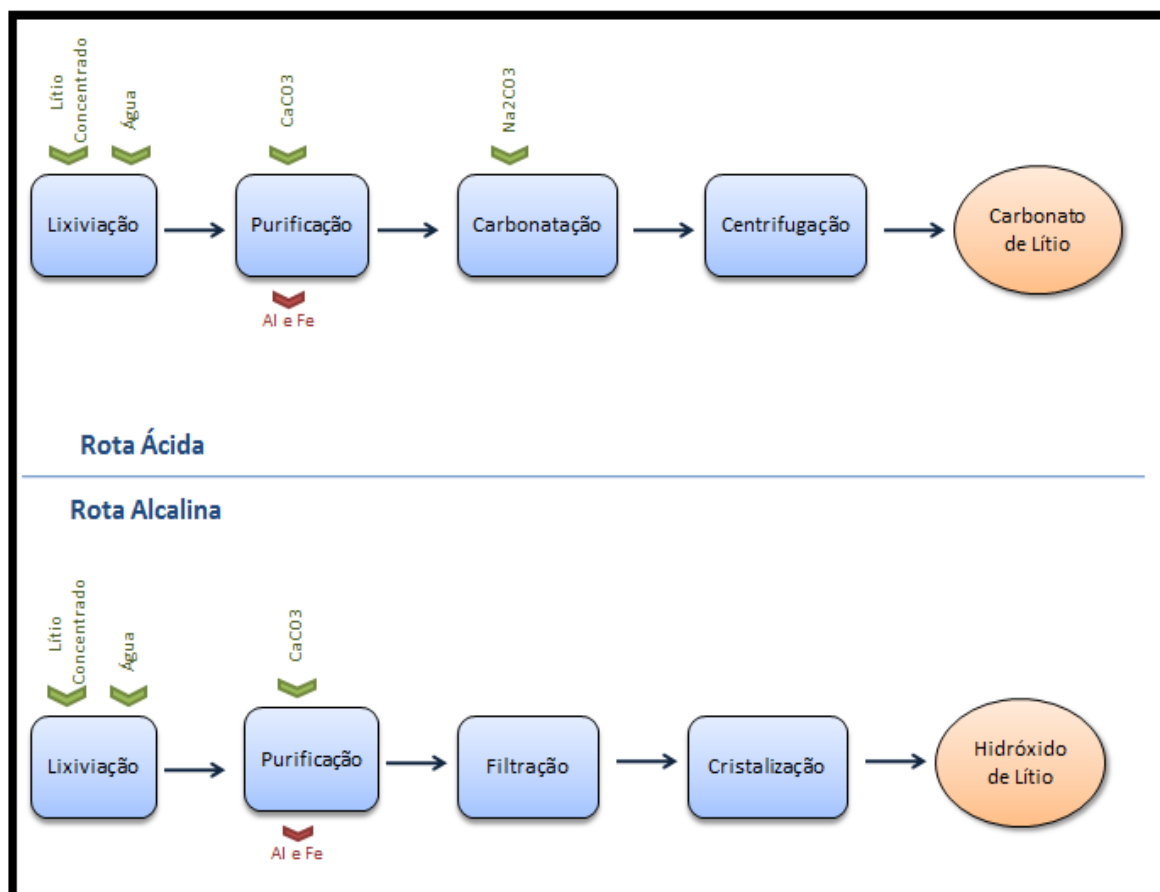


Figura 5 – Fluxograma do Lítio: processo de extração.

6. Conclusões

A partir da pesquisa de dados sobre o Ciclo de Vida dos componentes de celulares, especificamente do lítio, pode-se compreender os impactos ambientais causados desde a extração do componente até sua destinação final. De tal forma compreende-se a importância da Política Nacional de Resíduos Sólidos em domínio ambiental e social, para que assim não só as empresa e fabricantes sejam responsáveis, mas também a população, que deve ser conscientizada de tal importância.

7. Referências Bibliográficas

- 1 AFONSO, J. C.; BUSNARDO, R. G.; BUSNARDO, N. G.. **BATERIAS DE LÍTIO: NOVO DESAFIO PARA A RECICLAGEM**. Ciência hoje, de julho de 2004, pág. 72-75. Disponível na internet: <<http://www.geocities.ws/etermecanica/litio.pdf>>.
- 2 AMARAL, F. A. ET. AL.. **REPROCESSAMENTO E RECICLAGEM DE BATERIAS DE ÍONS LÍTIO**. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Disponível na internet: <<http://sec.sbq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T1782-1.pdf>>.
- 3 BOCCHI, NERILSO; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R.. **PILHAS E BATERIAS: FUNCIONAMENTO E IMPACTO AMBIENTAL**. Química Nova, n° 11, 2000.
- 4 BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. **PILHAS E BATERIAS: FUNCIONAMENTO E IMPACTO AMBIENTAL**, 2000. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>>.
- 5 BRAGA, P. F. A.; SAMPAIO, J. A.. **LÍTIO**. Centro da tecnologia mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, cap. 26, pág. 585 – 603, 2008. Disponível na internet: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-178-00.pdf>>.
- 6 BUSNARDO, N. G.; PAULINO, J. F.; AFONSO, J. C.. **RECUPERAÇÃO DE COBALTO E DE LÍTIO DE BATERIAS ÍON-LÍTIO USADAS**. Química Nova, vol. 30, no. 4, 995-1000, 2007. Disponível na internet: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v30n4/a40v30n4.pdf>>.
- 7 BUSNARDO, N. G.; PAULINO, J. F.; AFONSO, J. C.. **Recuperação de cobalto e de lítio de baterias íon-lítio usadas**, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000400040&script=sci_arttext>.
- 8 CAIXETA, D. M.. **CONSUMO E COMPORTAMENTO PRÓ-AMBIENTAL : ESTUDO DE BATERIAS DE CELULAR USADAS EM BRASÍLIA**. Texto de alunos de psicologia ambiental, no. 10, 2006. Disponível na internet: <<http://www.psi-ambiental.net/pdf/2006baterias.pdf>>.
- 9 CETEM; BRAGA, P. F. A.; SAMPAIO, J. A.. **LÍTIO**, 2008. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-178-00.pdf>>.
- 10 COSTA, R. C.. **RECICLAGEM DE BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO POR PROCESSAMENTO MECÂNICO**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível na internet: <<http://hdl.handle.net/10183/28071>>.
- 11 DRESCH, RODOLFO F. V.. **MÉTODO DE ANÁLISE DO ESTADO DE CARGA RESTANTE DE BATERIAS DE CELULAR**. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível na internet: <<http://hdl.handle.net/10183/33040>>.
- 12 LAIN, M. J.; *J. Power Sources* **2001**, 97-98, 736.

- 13 MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.** Resolução no. 401, de 04 de novembro de 2008.
- 14 NETO, H. B. S.. **AVALIAÇÃO DO FORNECIMENTO DE MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE APARELHOS CELULARES,** 2008. Disponível na internet: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_492_11040.pdf>.
- 15 REIDLER, N. M. V. L.; GUNTHER, W. M. R.. **IMPACTOS AMBIENTAIS E SANITÁRIOS CAUSADOS POR DESCARTE INADEQUADOS DE PILHAS E BATERIAS USADAS.** Disponível na internet: <http://www.ecolmeia.org.br/pilhasebaterias/impacto_ambiental.pdf>.
- 16 SAMSUNG ELECTRONICS. **SUSTAINABILITY REPORT,** 2008 - 2009. Disponível na internet: <<http://www.samsung.com>>.
- 17 SANTANA, G. P.. **PEQUENA HISTÓRIA DA PILHA,** 2008. Disponível em: <http://www.cq.ufam.edu.br/bateria/Historia_Bateria_Volta.html>.
- 18 SILVA, B. D. da; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. de. **RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL,** 2007. Disponível em: <http://www.lixoeletronico.org/system/files/lixoeletronico_02.pdf>.
- 19 SILVA, Ubirata A. da. **PILHAS E BATERIAS,** sd. Disponível em: <<http://www.coladaweb.com/fisica/eletricidade/pilhas-e-baterias>>.
- 20 TELECO. **ESTATÍSTICAS DE CELULARES NO BRASIL.** Disponível na internet: <<http://www.teleco.com.br/ncel.asp>>.
- 21 VARELA, HAMILTON ET. AL.. **MATERIAS PARA CÁTODOS DE BATERIAS SECUNDÁRIAS DE LÍTIO.** Química Nova, vol. 25, no. 2, 287-299x, 2002. Disponível na internet: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n2/10456.pdf>>.
- 22 VARELA, Hamilton; HUGUENIN, Fritz; MALTA, Marcos; Torres, Roberto M.. **MATERIAIS PARA CÁTODOS DE BATERIAS SECUNDÁRIAS DE LÍTIO,** 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n2/10456.pdf>>.
- 23 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.** Revista de Gestão Social e Ambiental, vol. 3, no. 3, 2009. Disponível na internet: <<http://gestaosocioambiental.net/ojs/index.php/rgsa/article/viewFile/180/81>>.
- 24 WOLFF, ELIANA; CONCEIÇÃO, S. V.. **RESIDUOS SÓLIDOS: A RECICLAGEM DE PILHAS E BATERIAS NO BRASIL.** Disponível na internet: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEp2001_TR104_0146.pdf>.
- 25 Lee, C. K.; Rhee, K. I.; *Hydrometallurgy* **2003**, 68, 5.