



**ABES RBCiamb**

EDIÇÃO 21

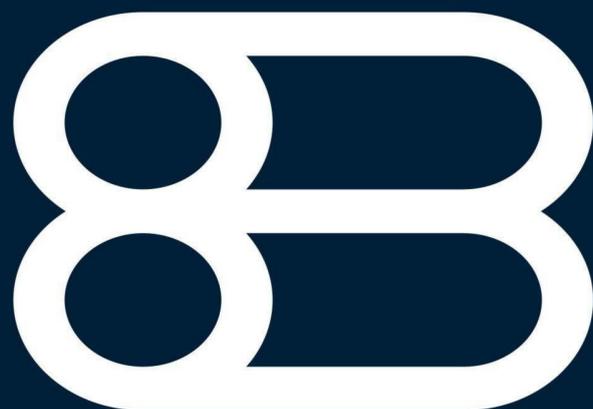
---

Setembro/11

# Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN Impresso 1808-4524

ISSN Eletrônico 2176-9478



# ABES

# Revista Brasileira Ciências Ambientais



[www.ictr.org.br](http://www.ictr.org.br)

[www.cepema.usp.br](http://www.cepema.usp.br)

[www.fsp.usp.br/siades](http://www.fsp.usp.br/siades)

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478

Setembro de 2011 Nº 21

## Expediente

### Editores

- *Jorge Alberto Soares Tenório (USP)*  
*jtenorio@usp.br*
- *Denise Crocce Romano Espinosa (USP)*  
*espinosa@usp.br*
- *Valdir Fernandes (UP)*  
*vfernandes@up.edu.br*

### Comissão Editorial

- *Andrea Moura Bernardes (UFRGS)*
- *Andrea Vidal Ferreira (CDTN)*
- *Arlindo Philippi Jr. (USP)*
- *Carlos Alberto Cioce Sampaio (UFPR)*
- *Celina Lopes Duarte (IPEN)*
- *Cláudio Augusto Oller do Nascimento (USP)*
- *José Roberto de Oliveira (IFES)*
- *Maria do Carmo Sobral (UFPE)*
- *Sérgio Martins (UFSC)*
- *Tadeu Fabrício Malheiros (USP)*

### **Submissão de artigos, dúvidas e sugestões:**

*[rbciamb@gmail.com](mailto:rbciamb@gmail.com)*

### **Instruções para autores**

*<http://www.rbciamb.com.br/instrucoes.asp>*

# Revista Brasileira Ciências Ambientais



[www.ictr.org.br](http://www.ictr.org.br)

[www.cepema.usp.br](http://www.cepema.usp.br)

[www.fsp.usp.br/siades](http://www.fsp.usp.br/siades)

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478

Setembro de 2011 Nº 21

## Índice

**01**

*Pilhas e baterias portáteis: legislação, processos de reciclagem e perspectivas*

Danuza Pereira Mantuano

Denise Crocce Romano Espinosa

Eliane Wolff

Marcelo Borges Mansur

Wilfrid Keller Schwabe

**14**

*Educação ambiental, ludicidade e pesquisa Participante no ensino fundamental*

Elisandra Francisco de Souza

Mario Sergio Michaliszyn

Cíntia Mara Ribas de Oliveira

**24**

*Adição de resíduo de manta cerâmica em argamassa*

Luiz Alberto Baptista Pinto Junior

Mônica Catoldi Borline

Ricardo André Fiorotti Peixoto

José Roberto de Oliveira

**31**

*Avaliação das Relações Sociais em Redes de Políticas Públicas para Consolidação de Programas de Gestão de Resíduos Sólidos*

*Urbanos: um estudo aplicado sobre o Programa "Lixo que Não é Lixo" de Curitiba*

Christian Luiz da Silva

Harry Alberto Bollmann

**48**

*Redução das emissões de gases de efeito estufa através do uso de hidrogênio na siderurgia*

Girley Ferreira Rodrigues

Eduardo Junca

Victor Bridi Telles

Denise Crocce Romano Espinosa

**54**

*Aplicações da Pegada Ecológica no Brasil: um estudo comparativo*

Arlma Oliveira do Carmo Tavares

Severino Soares Agra Filho

## Pilhas e baterias portáteis: legislação, processos de reciclagem e perspectivas

### RESUMO

Neste artigo, a composição metálica de pilhas e baterias portáteis usadas no país é apresentada, bem como os efeitos adversos à saúde causados pelos metais constituintes. Além disso, faz-se uma comparação entre as principais legislações em vigor no mundo e os processos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos desenvolvidos para o tratamento deste tipo de resíduo. Embora os processos hidrometalúrgicos sejam normalmente mais complexos e apresentem um número maior de etapas que os pirometalúrgicos, verifica-se uma tendência no desenvolvimento de rotas hidrometalúrgicas mais novas para o tratamento de pilhas e baterias, pois estas são normalmente mais econômicas, eficientes, consomem menos energia e apresentam alta seletividade.

*PALAVRAS-CHAVE: reciclagem de pilhas e baterias; legislação ambiental; hidrometalurgia; pirometalurgia.*

### ABSTRACT

In this paper, the recovery of spent batteries is focused. The metallic composition of batteries commonly used in Brazil as well as the adverse effects to health which are caused by such metals is presented. In addition, a comparison between the most representative environmental regulations around the world is made. Pyrometallurgical and hydrometallurgical recycling processes are discussed. Despite the later processes are comparatively more complex, a trend in the development of hydrometallurgical methods applied to recover metals from spent batteries is verified because they are more economical, flexible, more economical in terms of energy consumption and high selective to treat complex materials.

*KEYWORDS: recycling of spent batteries; environmental regulations; hydrometallurgy; pyrometallurgy.*

### Danuzia Pereira Mantuano

Engenharia Química com mestrado em Engenharia Química pela UFMG. E-mail: danuzapm@yahoo.com.br)

### Denise Croce Romano Espinosa

Engenheira Metalurgista e doutora em Engenharia Metalúrgica pela USP, é docente do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da USP. E-mail: espinosa@usp.br

### Eliane Wolff

Engenheira Química com doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. E-mail: wolffeliane@gmail.com

### Marcelo Borges Mansur

Engenheiro Químico com doutorado em Engenharia Química pela COPPE-UFRJ, é docente do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG. E-mail: [marcelo.mansur@demet.ufmg.br](mailto:marcelo.mansur@demet.ufmg.br)

### Wilfrid Keller Schwabe

Engenheiro Químico pela Universidad Técnica Federico Santa Maria (Chile) e doutor em Materiais inorgânicos não-metálicos pela Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (Alemanha), é docente do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. E-mail: keller@desa.ufmg.br

## INTRODUÇÃO

De acordo com a Resolução nº 401 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em vigor desde 04/11/2008 e que regulamenta os critérios e padrões para o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias no Brasil, pilhas são definidas como “geradores eletroquímicos que possibilitam a descarga de corrente elétrica, mediante conversão de energia química”. Durante o seu funcionamento, apresentado detalhadamente por Bocchi *et al.* (2000), o material que constitui o eletrodo negativo da pilha (anodo) oxida-se espontaneamente, liberando elétrons, enquanto que o material do eletrodo positivo (catodo) reduz-se usando estes elétrons. O eletrólito é um condutor iônico através do qual se dá a transferência de elétrons, e pode ser líquido, sólido ou pastoso. Ainda segundo esta resolução, pilhas são classificadas como primárias (não recarregáveis) ou secundárias (recarregáveis); a esta última classe, e ainda a conjuntos de pilhas interligadas em série ou paralelo, denomina-se bateria.

Dentre os vários tipos de pilhas primárias usadas comercialmente no Brasil, destacam-se as de zinco-carbono, alcalinas e a de prata; no grupo de pilhas secundárias ou baterias, destacam-se as de chumbo, níquel-cádmio (Ni-Cd), níquel-metal-hidreto (Ni-MH) e de lítio (íon ou polímero). As características principais destes dispositivos, incluindo vantagens e desvantagens, encontram-se reunidas na Tabela 1.

Estima-se no Brasil um consumo anual de 1,2 bilhão de unidades, ou aproximadamente 6 unidades/ano/habitante; nos Estados Unidos, Japão e Europa, o consumo *per capita* é ainda maior, da ordem de 10 a 15 unidades/ano. Em 2008 havia mais de 3,3 bilhões de celulares no mundo e hoje mais da metade da população mundial

possui um aparelho; na Índia, em 2009, eram mais de 500 milhões de celulares, um aumento de 51,4% sobre o ano anterior. Diante destes números, e sabendo-se que pilhas e baterias são constituídas por metais pesados diversos (vide composição típica por tipo de pilha/bateria na Tabela 2), vislumbra-se um grave problema ambiental quando tais dispositivos perdem sua eficiência e precisam ser substituídos. Neste cenário, o que fazer com pilhas e baterias descarregadas?

Segundo a Resolução CONAMA nº 401, a destinação ambientalmente adequada de pilhas e baterias é aquela que “minimiza os riscos ao meio ambiente e adota procedimentos técnicos de coleta, recebimento, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final de acordo com a legislação ambiental vigente”. Como ação paliativa, recomenda-se sempre dar preferência às pilhas recarregáveis, já que estas possuem maior vida útil que as pilhas primárias. Mesmo assim, pilhas e baterias necessitam de disposição adequada, caso contrário os metais constituintes podem contaminar os lençóis freáticos do solo e ser incorporados à cadeia alimentar nos seres vivos, causando o efeito de bioacumulação. Os principais problemas causados à saúde humana devido à presença destes metais encontram-se resumidos na Tabela 3. Nos aterros sanitários a presença de metais pesados dificulta o tratamento do chorume, enquanto que a incineração de pilhas e baterias pode gerar contaminação atmosférica. Portanto, a solução para o problema passa obrigatoriamente pela conscientização/educação da população e aplicação de legislações que regulamentem a fabricação, coleta, disposição e tratamento tecnologicamente sustentável deste tipo de resíduo.

## LEGISLAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO

A preocupação com pilhas e baterias usadas culminou, na década de 90, no estabelecimento de legislações em diversos países. De uma maneira geral, estas focavam principalmente as baterias Ni-Cd, muito usadas em telefones celulares àquela época, e na redução progressiva de mercúrio, chumbo e cádmio em alguns tipos de pilhas. Atualmente, questões como coleta, redução de outros metais pesados, eliminação de metais potencialmente tóxicos como mercúrio, e reciclagem, constituem pontos comuns em muitas resoluções em vigor em diversos países.

### Política nacional para pilhas e baterias

A primeira lei dedicada ao uso consciente de pilhas e baterias no Brasil (e também na América Latina) foi a Resolução CONAMA nº 257, de 22/07/1999, que estabeleceu a obrigatoriedade de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final adequada de pilhas e baterias contendo chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos (Art. 2º), assim como aos produtos eletroeletrônicos que as continham integradas em sua estrutura de forma não substituível. Além de atribuir aos fabricantes e importadores a responsabilidade pelo tratamento e/ou disposição final das pilhas e baterias devolvidas pelos usuários aos estabelecimentos comerciais, esta Resolução impôs a redução gradativa, entre 01/01/2000 a 01/01/2001, dos limites de mercúrio, cádmio e chumbo na composição de pilhas e baterias.

Após um longo período em discussão, a Resolução CONAMA nº 257 deu lugar à Resolução CONAMA nº 401, atualmente em vigor no Brasil. Esta última estabelece uma diminuição ainda mais significativa

nos teores de mercúrio, chumbo e cádmio nas pilhas e baterias portáteis, nas baterias chumbo-ácido, automotivas e industriais, e nas pilhas e baterias dos sistemas eletro-químicos Ni-Cd e óxido de mercúrio (relacionadas nos capítulos 85.06 e 85.07 da Nomenclatura Comum do Mercosul), fabricadas e comercializadas no território nacional, assim como os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado. Além da redução nos componentes químicos, a Resolução CONAMA nº 401 pretendeu dar mais efetividade à responsabilidade pós-consumo dos fabricantes e importadores de pilhas e baterias, segundo à qual estes passam a obrigar-se pelo ciclo total de seus produtos, e não somente até serem adquiridos pelos consumidores. Segundo o seu artigo 3º, cabe aos fabricantes e importadores: (i) estarem inscritos no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras dos Recursos Ambientais do IBAMA, (ii) apresentarem anualmente laudo físico-químico de composição das pilhas e baterias ao IBAMA; e (iii) apresentarem, ao órgão ambiental estadual no prazo de até 12 meses, plano de gerenciamento de pilhas e baterias usadas. A resolução ainda determina que os estabelecimentos que comercializam pilhas e baterias, bem como a rede de assistência técnica autorizada, devem obrigatoriamente (Art. 19) no prazo de até 24 meses, conter pontos de recolhimento adequados para receberem esses dispositivos dos usuários; e que cabe aos mesmos encaminharem esse material, em sua totalidade, aos fabricantes ou importadores, responsáveis pela sua destinação ambientalmente adequada (Art. 6º). A forma de controle do recebimento e da destinação final fica a cargo do IBAMA, que tem também prazo de até 24 meses para estabelecer a Instrução Normativa.

A norma prevê ainda que nos materiais publicitários e nas

embalagens de pilhas e/ou baterias fabricadas no Brasil ou importadas, deve constar de forma clara, visível e em língua portuguesa, a simbologia indicativa da destinação adequada, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem encaminhadas aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada. Ainda, os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes de pilhas e baterias, ou de produtos que as contenham para seu funcionamento, serão incentivados, em parceria com o poder público e a sociedade civil, a promover campanhas de educação ambiental, bem como pela veiculação de informações sobre a responsabilidade pós-consumo e por incentivos à participação do consumidor neste processo.

Atualmente os fabricantes/importadores de pilhas e baterias no Brasil não dispõem de tecnologia própria para tratar esse tipo de resíduo, com exceção das baterias de chumbo-ácido. As empresas fornecedoras de telefones celulares possuem canais reversos estruturados para o retorno da bateria, do aparelho celular e seus acessórios, por meio das lojas de assistência técnica e pontos de venda. Quando coletados, são enviados para empresas recicladoras, a fim de ser efetuado o retorno do material ao ciclo produtivo, porém a divulgação para os usuários ainda é deficiente. A SUZAQUIM, empresa recicladora instalada em Suzano (SP), produz pigmentos à base de óxidos e sais metálicos usando pilhas, baterias industriais ou de celular, lâmpadas fluorescentes e borras galvânicas como matéria-prima.

### Legislação internacional

A legislação americana considera que somente os comerciantes com vendas anuais superiores a US\$ 1 milhão estão obrigados a cumprir suas exigências.

Cabe à Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) o estabelecimento de diretrizes para orientar campanhas de educação ambiental e para o manuseio, transporte e disposição final das pilhas e baterias usadas. Esta poderá ainda autuar fabricantes, em até US\$ 10.000,00, ao constatar o não cumprimento da padronização da rotulagem e fácil remoção das pilhas e baterias dos equipamentos que as contenham. Segundo a *Rechargeable Battery Recycling Corporation*, em 2009 foram coletadas 25.000 t de baterias recarregáveis nos Estados Unidos e Canadá.

Já a política europeia é ampla, valendo para todos os países membros da Comunidade Europeia, e inclui metas a serem cumpridas até o ano de 2016. A legislação japonesa foi impulsionada mais pela restrição imposta pela União Europeia e pelos Estados Unidos do que por iniciativa própria. Na Tabela 4 estão sumariadas as principais determinações da legislação nos Estados Unidos, União Europeia e Japão.

### MÉTODOS DE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE PILHAS E BATERIAS

Devido a constantes pressões políticas, sociais e legislações ambientais que regulamentam a destinação de pilhas e baterias em diversos países, alguns processos de tratamento foram desenvolvidos visando a reciclagem deste tipo de sucata. Uma revisão técnica detalhada dos diversos processos é encontrada em Bernardes *et al.* (2004), Espinosa *et al.* (2004) e Mantuano (2005).

Inicialmente, para promover a reciclagem de pilhas e baterias é necessário fazer a segregação das mesmas por tipo. Como a composição química deste resíduo é bastante variável (vide Tabelas 1 e 2), a maioria dos processos de reciclagem foi desenvolvida para

tratar apenas um ou poucos tipos de pilhas ou baterias. Por exemplo, em geral, um processo que trata pilhas zinco-carbono e alcalinas não admite contaminação com baterias Ni-Cd. Entretanto, o que se tem observado nos sistemas de coleta é a mistura de pilhas e baterias dada à falta de conhecimento da população do tipo de pilha ou bateria que está se descartando. Infelizmente, não há uma correlação entre o tamanho ou o formato das pilhas e baterias com a sua composição, o que dificulta a sua segregação por tipo. Portanto, na maioria dos processos de tratamento é necessária uma etapa prévia de classificação (ou triagem) para que cada tipo de pilha ou bateria seja tratado por um método específico. Esta etapa, aliada à coleta propriamente dita e ao transporte, aumentam o custo total da reciclagem. À exceção das baterias Ni-MH, em geral, os processos de reciclagem de pilhas e baterias não se pagam, sendo, atualmente, viáveis apenas por obrigações legais ou financiados.

## Principais rotas de processamento

Os processos de reciclagem de pilhas e baterias são constituídos basicamente por duas etapas principais: preparação da sucata e processamento metalúrgico.

Na etapa de preparação da sucata, faz-se inicialmente a triagem do material, separando-o por tipo de pilha ou bateria. A triagem pode consistir de diversas etapas para aumentar a eficiência de separação, podendo conter etapas de separação manual e a utilização de equipamentos desenvolvidos especificamente para este fim que empregam diversas técnicas para separação, como separação mecânica por tamanho, campo magnético, imagens de raios-X, sensores óticos para leitura eletrônica de códigos localizados no corpo do material coletado. Após a triagem, é feito o condicionamento

físico do material, geralmente utilizando-se operações típicas de tratamento de minérios, como britagem, cominuição, separação magnética, separação eletrostática, separação em meio denso. A britagem envolve a desfragmentação da sucata de modo a separar as carcaças (metálica e plástica) do material interno das pilhas que contém os metais a serem tratados; esta operação também pode ser manual, a depender da escala da unidade de tratamento. A cominuição, por sua vez, tem o objetivo de diminuir a granulometria da sucata, liberando, assim, os diversos tipos de materiais componentes da sucata. As outras operações citadas têm por intuito separar alguns desses materiais com características específicas, por exemplo, a separação magnética é empregada para separar os materiais magnéticos (como ferro, níquel e suas ligas) dos não magnéticos, a separação eletrostática para separar materiais condutores e não condutores, e a separação em meio denso para separar materiais com densidades diferentes. Assim, esta etapa tem como objetivo concentrar a fração onde se encontram os metais de interesse usando apenas métodos físicos, sendo, por isto, de menor custo. Portanto, mesmo limitadas quanto à eficiência, tais operações podem baratear substancialmente o custo do processamento subsequente.

O processamento metalúrgico pode seguir por duas rotas distintas, pirometalúrgica ou hidrometalúrgica, ou ainda empregar técnicas híbridas de hidro e pirometalurgia para a obtenção de metais ou seus compostos. A pirometalurgia é a forma mais antiga de se produzir metais. Há milhares de anos, o homem aprendeu a construir fornos, usar o fogo para fundir rochas e produzir metais. A hidrometalurgia é bem mais recente, surgiu na época dos alquimistas, quando as propriedades ácidas e básicas das substâncias se

tornaram conhecidas e começaram a ser usadas. Um resumo com os principais processos desenvolvidos para o tratamento de pilhas e baterias encontra-se apresentado na Tabela 5.

## Rota Pirometalúrgica

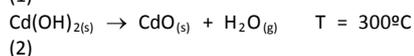
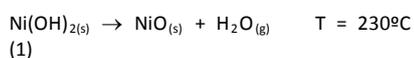
Na rota pirometalúrgica são empregadas técnicas nas quais se utilizam altas temperaturas para o processamento da sucata visando a recuperação dos metais de interesse, como mostrado esquematicamente na Figura 1 para o tratamento de baterias Ni-Cd. Durante o aquecimento da sucata podem ocorrer reações de decomposição, de redução ou evaporação do metal ou composto.

Por via pirometalúrgica também é possível tratar pilhas zinco-carbono, já que os pontos de ebulição dos principais metais constituintes (mercúrio, zinco e manganês) são bastante distintos entre si. Os principais eventos térmicos que podem acontecer durante o aquecimento deste tipo de pilha são evaporação da água, do mercúrio e seus compostos e do zinco e seus compostos. Após a evaporação da água, tem-se a eliminação do mercúrio que possui ponto de ebulição relativamente baixo. Frenay e Feron (1990) constataram que a eliminação térmica de mercúrio (que se encontra associado aos íons cloreto do eletrólito) deve ser realizada a 600°C, enquanto Xia e Li (2004) verificaram que temperaturas em torno de 450°C são suficientes para a remoção total de mercúrio sob vácuo. Após a descontaminação do mercúrio, pode-se recuperar o zinco também por destilação, porém em temperaturas acima de 907°C, que é o ponto de ebulição do zinco. Como a reação global de descarga de uma pilha alcalina ou seca pode ser expressa como  $Zn + 2 MnO_2 \rightarrow Mn_2O_3 + ZnO$ , espera-se encontrar no resíduo, além de Zn metálico, ZnO, MnO<sub>2</sub> e Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. O ZnO, quando aquecido acima de 920°C à

pressão atmosférica e na presença de um redutor (como o carbono presente na composição das pilhas secas e alcalinas), é reduzido segundo a reação  $\text{ZnO} + \text{CO} \rightarrow \text{Zn}_{(v)} + \text{CO}_2$ . Como a temperatura em que ocorre a redução é maior que a temperatura de ebulição do Zn, o zinco formado encontra-se na forma de vapor. Desta forma, a temperatura dos processos de tratamento de pilhas deve ser superior a 920°C para possibilitar a recuperação da maior parte do zinco. O manganês, por sua vez, permanece em fase sólida, sendo que durante o aquecimento ocorre a pré-redução dos óxidos de manganês a MnO devido à presença de carbono. O material que não é evaporado neste processo é composto principalmente de MnO e ferro proveniente dos invólucros das pilhas.

Os processos pirometalúrgicos para tratamento de poeiras de aciaria elétrica (ou resíduos contendo zinco) que podem tratar pilhas secas ou alcalinas consistem basicamente em se fazer a mistura do resíduo cominuído juntamente com um agente redutor à base de carbono. Este material pode ser aglomerado na forma de pelotas dependendo do processo. A seguir, a mistura é colocada num forno de redução de soleira rotativa ou num forno rotativo, que opera em temperaturas de até 1350°C. No processo, os metais voláteis como o chumbo e o zinco são capturados no sistema de tratamento de gases.

Dentre as baterias recarregáveis, as de Ni-Cd são as que apresentam processos de reciclagem mais antigos. Os processos clássicos de reciclagem destas baterias são pirometalúrgicos e se baseiam na destilação do cádmio, nas quais acontecem as seguintes reações de decomposição dos hidróxidos metálicos:



O processo de reciclagem pode ocorrer com ou sem a presença de um agente redutor (em geral algum tipo de carvão). Sem a presença de redutor, é necessário que a pressão total do sistema seja cerca de  $10^{-4}$  bar para que a decomposição do CdO ocorra à 850-900°C, gerando cádmio no estado vapor. Entretanto, na presença de redutor, a redução dos óxidos de níquel e cádmio é termodinamicamente possível a temperaturas relativamente mais baixas (inferiores a 510°C). A temperatura de ebulição do cádmio metálico é 767°C, assim, acima desta temperatura, o cádmio produzido está na forma de vapor.

Os processos pirometalúrgicos para a reciclagem de baterias Ni-Cd ocorrem em temperaturas da ordem de 900°C, a vácuo, com atmosfera inerte ou ainda com atmosfera redutora. Desta forma, o cádmio que evapora não reoxida durante a condensação, sendo obtido, como produto, cádmio metálico com mais de 99,9% de pureza, que pode ser usado em diversas aplicações, inclusive para fazer novas baterias Ni-Cd. Outro produto deste processo é um material contendo ferro, níquel e cobalto que é vendido para a fabricação de aço inoxidável. Os processos pirometalúrgicos de reciclagem de baterias Ni-Cd também aceitam trabalhar com baterias Ni-MH misturadas na carga, entretanto apenas o níquel é recuperado na forma de uma liga contendo ferro, níquel e cobalto, sendo que os elementos terras-raras (normalmente lantanídeo, neodímio e praseodímio) contidos neste tipo de bateria não são recuperados.

### Rota Hidrometalúrgica

A reciclagem de pilhas e baterias por via hidrometalúrgica consiste basicamente na lixiviação ácida ou básica da sucata (proveniente da etapa de preparação da sucata) para que os

metais sejam transferidos do sólido para uma solução aquosa. Esta solução, então, passa por uma ou mais etapas de purificação e, posteriormente, os metais podem ser recuperados tanto na forma metálica pura como na de compostos, por exemplo, hidróxidos ou sais. Na Figura 2 é mostrado um diagrama de blocos simplificado das etapas de um processo hidrometalúrgico aplicado ao tratamento de pilhas e baterias. Neste diagrama não foram incluídas etapas de espessamento e filtração das soluções que invariavelmente aparecem após as etapas de lixiviação e precipitação.

Nos processos hidrometalúrgicos, o zinco pode ser recuperado através de eletrólise, entretanto a presença de impurezas na solução pode afetar tanto o processo de eletrólise quanto a qualidade do zinco produzido; por exemplo, se houver cádmio na solução, haverá a co-deposição dos dois metais, diminuindo a pureza do zinco obtido. Assim, as etapas de purificação da solução de zinco são essenciais ao sucesso da operação. As principais técnicas de purificação utilizadas para este fim são: extração por solventes, troca iônica, precipitação e cementação, dentre outras. Estes métodos caracterizam-se por serem seletivos, permitindo a purificação da solução no metal de interesse.

Na extração por solventes usa-se uma fase orgânica para separar o metal de interesse da solução aquosa, ficando o solvente orgânico carregado com o metal que se pretende separar. A fase orgânica, então, passa por uma etapa de reextração, ou seja, o metal que estava na fase orgânica é transferido para uma outra fase aquosa, isenta de outros metais. Desta maneira, após as etapas de extração e reextração, obtém-se duas fases aquosas, uma é a solução original sem o metal que foi separado e a outra é aquela na qual o metal separado é concentrado. A troca iônica funciona de maneira

análoga, porém a solução é colocada em contato com uma resina sólida que captura o metal de interesse. Após esta etapa de carregamento, a resina passa para a etapa de eluição, que consiste em retornar o metal de interesse para uma solução aquosa distinta. Desta maneira, obtém-se duas soluções, semelhantes às aquelas obtidas na extração por solventes. A precipitação, por sua vez, pode ser feita de várias maneiras, mas no caso de reciclagem de pilhas e baterias o principal método utilizado é a precipitação seletiva dos metais por variação de pH via adição de reagentes específicos como soda (NaOH), cal (CaO), barrilha (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), dentre muitos outros. Já a cementação é uma técnica que utiliza uma reação de deslocamento. Para tal, adiciona-se um metal menos nobre à solução que reduz o íon de metal mais nobre, por exemplo  $Ni^{2+} + Zn_{(s)} \rightarrow Ni_{(s)} + Zn^{2+}$ .

Na reciclagem de pilhas secas e alcalinas, em geral, o ferro é eliminado da solução por precipitação de Fe(OH)<sub>3</sub> com o aumento do pH da solução para cerca de 4,0 e com o auxílio de um agente oxidante. A técnica tradicional de purificação de soluções de Zn para a retirada de cádmio, cobalto e níquel é a cementação, entretanto o uso de extração por solventes e troca iônica vem se tornando cada vez mais frequente. Posteriormente à etapa de purificação, o zinco é recuperado por eletrólise. Uma das vantagens dos processos hidrometalúrgicos de pilhas é que o zinco é recuperado na forma metálica e com alta pureza, enquanto que em vários processos pirometalúrgicos, este metal é recuperado na forma de óxido, obtendo-se portanto um produto com menor valor agregado.

O processo hidrometalúrgico para a reciclagem de baterias Ni-Cd é semelhante ao processo de reciclagem de pilhas. A sucata contendo as baterias Ni-Cd é moída e o material lixiviado em meio ácido obtendo-se uma solução que contém principalmente níquel,

cádmio e ferro. O ferro é precipitado da mesma maneira que na reciclagem de pilhas secas e alcalinas, enquanto que níquel e cádmio são separados por extração por solventes e posteriormente recuperados por eletrólise.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que se verifica, de uma maneira geral, é que os processos hidrometalúrgicos são normalmente mais complexos e apresentam um número maior de etapas que os pirometalúrgicos. No entanto, as rotas hidrometalúrgicas são mais econômicas e eficientes, consomem menos energia, possuem elevada seletividade para os metais, logo estão se tornando cada vez mais frequentes no tratamento de pilhas e baterias. Além disso, há a possibilidade de recuperação dos agentes lixivantes e extratantes empregados, que podem ser reciclados e reutilizados diversas vezes em circuito fechado, além de não emitirem gases poluentes como fazem os processos pirometalúrgicos.

Conard (1992) estudou diversas formas de utilização de tecnologia hidrometalúrgica buscando o desenvolvimento sustentável. Foram mostrados exemplos de diversos processos que objetivam manter água e ar limpos, reduzir o gasto energético, recuperar metais de resíduos através da remoção de metais pesados provenientes de efluentes e processos alternativos, em contraposição com processos pirometalúrgicos, para se diminuir o consumo de energia. Ainda nesse sentido, Gupta e Mukherjee (1990) atentam para o caráter finito dos recursos naturais existentes e para o fato de que boa parte das reservas tradicionais de minérios já se encontra na iminência da exaustão. Há, mais do que nunca, a necessidade de se desenvolver formas econômicas de se processar minérios complexos de baixo teor na crosta terrestre e, ainda, incluir

fontes secundárias de recursos, como resíduos diversos e materiais descartados de outros processos, como fontes de metais. Continuando suas observações, os autores indicam a reciclagem de materiais da indústria eletroeletrônica como um grande alvo para o processamento hidrometalúrgico.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDES, A.M.; ESPINOSA, D.C.R.; TENÓRIO, J.A.S. Recycling of batteries: a review of current processes and technologies. *Journal of Power Sources*, v. 130, p. 291-298, 2004.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L.C.; BIAGGIO, S.R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 3-9, 2000.
- CONAMA, Ministério do Meio Ambiente, <http://www.mma.gov.br>
- CONARD, B.R. The role of hydrometallurgy in achieving sustainable development. *Hydrometallurgy*, v. 30, p. 1-28, 1992.
- ESPINOSA, D.C.R., BERNARDES, A.M., TENÓRIO, J.A.S. An overview on the current process for the recycling of batteries. *Journal of Power Sources*, v. 135, p. 311-319, 2004.
- FRENAY, J.; FERON, S. Domestic battery recycling in Western Europe. In: 2<sup>nd</sup> International Symposium in Recycling of Metals and Engineered Materials. The Minerals, Metals & Materials Society, v. 2, p. 639-647, 1990.
- GUPTA, C.K.; MUKHERJEE, T.K. *Hydrometallurgy in extraction processes*. CRC Press, Inc. Estados Unidos, 1990.
- MANTUANO, D.P. Desenvolvimento de uma rota processual hidrometalúrgica para a recuperação de metais provenientes de baterias de celular descarregadas.

Dissertação de Mestrado,  
UFMG, Belo Horizonte, 203p,  
2005.

SILVA, C.N.; AFONSO, J.C.  
Processamento de pilhas do  
tipo botão. *Química Nova*, v. 31,  
n. 6, 2008.

USEPA, United States Environmental  
Protection Agency,  
Implementation of the mercury-  
containing and rechargeable  
battery management act.  
[http://www.epa.gov/epaoswer/  
hazwaste/recycle/battery.txt](http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/recycle/battery.txt).

VELOSO, L.R.S.; RODRIGUES,  
L.E.O.C.; FERREIRA, D.A.;  
MAGALHÃES, F.S.; MANSUR,  
M.B. Development of a  
hydrometallurgical route for the  
recovery of zinc and manganese  
from spent alkaline batteries.  
*Journal of Power Sources*, v.  
152, p. 295-302, 2005.

XIA, Y.-Q.; LI, G.-J. The BATREC  
process for reclaiming used  
batteries. *Waste Management*,  
v. 24, p. 359-363, 2004.

## Lista de Figuras

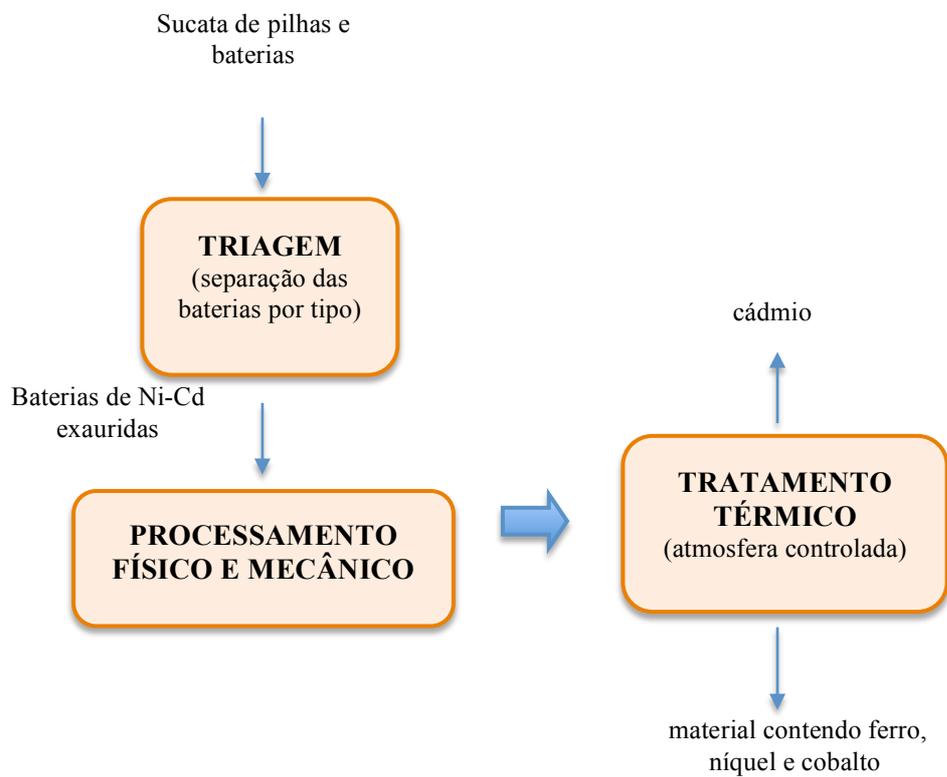


Figura 1: Esquema geral para a reciclagem de baterias Ni-Cd por rota pirometalúrgica.



Figura 2: Esquema geral para a reciclagem de pilhas e baterias por rota hidrometalúrgica.

## Lista de Tabelas

**Tabela 1:** Principais características de algumas pilhas e baterias usadas comercialmente (Adaptado de Mantuano, 2005).

Tipo de pilha ou bateria	Anodo/ Eletrodo negativo	Catodo/ Eletrodo positivo	Eletrólito	Vantagens	Desvantagens
<b>Zinco-carbono</b>	Zinco	Dióxido de manganês	Amoníaco, cloreto de zinco e água	Melhor serviço a baixas temperaturas; boa resistência a vazamentos e eficiência alta com descarga pesada.	Intensa formação de gases.
<b>Alcalina</b>	Zinco	Dióxido de manganês	Hidróxido de potássio	Densidade de corrente mais alta; bom desempenho para descargas intermitente e contínua; boa resistência a vazamentos; boa resistência ao choque.	Custo inicial mais alto que a pilha zinco-carbono e custos de operação ligeiramente mais altos.
<b>Prata</b>	Zinco	Óxido de prata	Hidróxido de potássio ou de sódio	Baixíssima taxa de auto-descarga.	Apresentam baixa capacidade de fornecimento de energia.
<b>Chumbo</b>	Chumbo	Óxido de chumbo	Ácido sulfúrico	Econômicas. Não precisam de manutenção.	Possui chumbo.
<b>Níquel-cádmio</b>	Cádmio	Hidróxido de níquel	Hidróxido de potássio	Podem ser conservadas em estoque tanto carregadas quanto recarregadas. Alguns modelos realizam até 30.000 ciclos de cargas e descargas.	Possui cádmio.
<b>Níquel-metal-hidreto</b>	MmNi <sub>3,5</sub> Co <sub>0,7</sub> Mn <sub>0,4</sub> Al <sub>0,3</sub> (AB <sub>5</sub> ) V <sub>15</sub> Ti <sub>15</sub> Zr <sub>20</sub> Ni <sub>28</sub> Cr <sub>5</sub> Co <sub>5</sub> Fe <sub>6</sub> Mn <sub>6</sub> (AB <sub>2</sub> )	Hidróxido de níquel, óxido de cobalto e aditivos	Hidróxido de potássio	Possuem mais energia por unidade de volume e peso comparadas às baterias Ni-Cd. Não contém cádmio.	O custo de produção é maior que a Ni-Cd, mas menor que a bateria de lítio.
<b>Lítio-ion</b>	Carbono	LiCoO <sub>2</sub>	Solventes orgânicos e/ou soluções salinas (LiPF <sub>6</sub> )	Apresentam maior densidade de energia, maior vida útil e maior tensão nominal.	Menor ciclo de vida dentre as baterias de celular, entre 100 e 600 cargas. Custo elevado.
<b>Lítio-polímero</b>	Lítio metálico	LiFePO <sub>4</sub> ou LiMn <sub>3</sub> O <sub>6</sub>	Polímero, óxido de polietileno e LiCF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub>	Permite flexibilidade de confecção em diferentes formatos e em configurações mais finas.	Ciclo de vida e eficiência baixos.

**Tabela 2:** Composição típica de pilhas e baterias (Veloso *et al.*, 2005; Silva e Afonso, 2008).

Elemento	Zinco-carbono <sup>1</sup>	Alcalina <sup>2</sup>	Ni-Cd <sup>2</sup>	Ni-MH <sup>2</sup>	Lítio <sup>2</sup>
Al			0,019	0,5-2,0	4,6-24
Cd			15-20		
Co			0,600	2,5-4,3	12-20 <sup>a</sup>
Cu					5-10
Fe	0,2-1,0	0,17	29-40	20-25	4,7-25
K		5,5-7,3			
La				1,4-6,6	
Li					1,5 <sup>b</sup> -5,5 <sup>c</sup>
Mn	23-30	26-33	0,083	0,81-3,0	10-15 <sup>d</sup>
Nd				0,96-4,1	
Ni	0,007	0,010	15-20	25-46	12-15 <sup>e</sup>
V					15-20 <sup>c</sup>
Zn	5	12-21	0,060	0,092-1,6	

Nota: <sup>1</sup> Inclui somente o pó preto interno seco; <sup>2</sup> Considerando toda a bateria.

<sup>a</sup> Lítio-íon (Co); <sup>b</sup> Lítio-íon (Co, Ni, Mn); <sup>c</sup> Lítio-polímero (V); <sup>d</sup> Lítio-íon (Mn); <sup>e</sup> Lítio-íon (Ni).

**Tabela 3:** Principais efeitos à saúde de metais presentes em pilhas e baterias (Adaptado de Mantuano, 2005).

Metais	Principais efeitos à saúde	Cuidados especiais
<b>Cádmio</b>	A meia-vida do cádmio em seres humanos é de 20-30 anos, acumula-se principalmente nos rins, fígado e ossos, podendo levar a disfunções renais e osteoporose. Além disso, é comprovadamente um agente cancerígeno e teratogênico, podendo, também, causar danos ao sistema reprodutivo.	O contato com agentes oxidantes fortes, como nitratos e HNO <sub>3</sub> , provoca incêndio ou explosão. Determinados compostos de cádmio, principalmente clorato e bromato, podem explodir sob a ação do calor, por choque ou por contato com produtos redutores.
<b>Chumbo</b>	Quando ingerido, pode provocar prejuízo ao cérebro e ao sistema nervoso central. Também pode causar anemia, disfunção renal, dores abdominais, problemas pulmonares, elevar a pressão arterial, além de ser um agente teratogênico.	A inalação do pó ou dos gases gerados durante o processo para a obtenção do chumbo metálico ou em reações químicas é tóxica. Certos compostos de chumbo, como clorato e bicromato, podem explodir sob a ação do calor, por choque ou por contato com produtos redutores.
<b>Cobalto</b>	Causa lesões pulmonares e no sistema respiratório, distúrbios hematológicos, lesões e irritações na pele, distúrbios gastrintestinais e alterações cardíacas. Possível agente carcinogênico em seres humanos.	Metal estável, não há riscos se armazenado e estocado adequadamente.
<b>Lítio</b>	Causa disfunções renais e respiratórias, disfunções do sistema neurológico, queimaduras em contato com pele e mucosas, além de ser um agente teratogênico.	Reage violentamente com a água, liberando gás H <sub>2</sub> , altamente inflamável.
<b>Manganês</b>	O excesso acumulado no fígado e no sistema nervoso central provoca alterações no metabolismo central, gerando sintomas como os do Mal de <i>Parkinson</i> . A concentração no sistema respiratório enfraquece o organismo, tornando-o sujeito à incidência de pneumonia.	Apresenta incompatibilidade com água, ácidos fortes, fósforo e agentes oxidantes fortes.
<b>Mercúrio</b>	Uma intoxicação aguda pode ter efeitos corrosivos violentos na pele e nas membranas da mucosa, náuseas fortíssimas, vômito, dor abdominal, diarreia com sangue, danos aos rins e morte em um período aproximado de 10 dias. Já uma intoxicação crônica gera sintomas neurológicos como tremores, vertigens, irritabilidade e depressão, associados à salivação. Além disso, provoca estomatite e diarreia, descoordenação motora progressiva, perda de visão e audição e deterioração mental decorrente de uma neuroencefalopatia tóxica. Também é considerado agente teratogênico, mutagênico e possível carcinogênico.	Envenenamento por vapores tóxicos, especialmente quando aquecido. Incompatível com ácidos fortes.
<b>Níquel</b>	Causa câncer, lesões no sistema respiratório, distúrbios gastrintestinais, dermatites e alterações no sistema imunológico. Também é considerado agente teratogênico, genotóxico e mutagênico.	O metal pulverizado e os fumos de níquel podem inflamar-se espontaneamente. Incompatível com alumínio, cloreto de alumínio, p-dioxinas, hidrogênio, metanol, não-metais, oxidantes e compostos de enxofre. Reage violenta ou explosivamente com anilina, sulfeto de hidrogênio, solventes inflamáveis, hidrazina e pós metálicos (especialmente zinco, alumínio e magnésio).
<b>Zinco</b>	Quando em excesso no organismo, provoca sensações estranhas como paladar adocicado e secura na garganta, tosse, fraqueza, dor generalizada, arrepios, febres, náuseas e vômitos.	O zinco puro é atóxico, mas os gases liberados pelo aquecimento do metal, ou por reações químicas podem irritar as vias respiratórias, se inalados.

**Tabela 4:** Legislação nos Estados Unidos, Japão e União Europeia para pilhas e baterias.

País	Legislação	Determinações
	<i>Universal Waste Rule</i> , estabelecida em 1995	Reduzir a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários, encorajar a reciclagem e a disposição adequada de resíduos perigosos e reduzir as exigências regulamentares sobre as empresas geradoras desses resíduos, de modo a facilitar o seu cumprimento. Proporcionou a padronização dos procedimentos de coleta, armazenamento e transporte de pilhas e baterias Ni-Cd, outras baterias recarregáveis e de certas baterias contendo mercúrio.
<b>Estados Unidos</b>	<i>Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act (Battery Act)</i> , aprovado em 1996	Padronização da rotulagem de baterias recarregáveis e de produtos que as contenham, e exigência para que sejam facilmente removíveis dos equipamentos. Proibição da comercialização ou da oferta para fins promocionais de pilhas alcalina-manganês e zinco-carbono que contenham mercúrio intencionalmente introduzido e pilhas-botão de óxido de mercúrio (exceto pilhas-botão com até 25mg de mercúrio), a menos que o fabricante ou importador identifique local de coleta. Os fabricantes e importadores deverão propor cronograma para eliminar a produção e comercialização de certas baterias contendo mercúrio em sua composição; o rótulo deve conter a composição química, o símbolo de reciclagem e frase indicativa de que o consumidor deve encaminhá-la para reciclagem ou disposição adequada. Os comerciantes com vendas anuais superiores a US\$ 1 milhão devem instalar pontos de coleta e receber pilhas e baterias de todos os tipos e marcas, bem como fazer campanhas publicitárias sobre os benefícios da reciclagem. Para vendas pela <i>internet</i> , devem informar do retorno das baterias, sem custo, ou como fazer sua disposição adequada.
<b>Japão</b>	<i>Law for the Promotion of the Effective Utilization of Resources</i> , aprovada em 1999 e revisada em 2001	Contempla as baterias usadas Ni-Cd, Ni-MH, Li-ion e chumbo-ácido. Aposição de símbolos de reciclagem, letras e cores específicas de identificação, inclusive para as embalagens, conforme lei específica para a reciclagem de embalagens; rotulagem do tipo de material usado no corpo das baterias; promoção de novos <i>designs</i> para facilitar a remoção de pilhas e baterias dos aparelhos; responsabilidade dos fabricantes de reciclar as baterias coletadas; metas de reciclagem superiores a 60% para as baterias Ni-Cd, a 55% para as Ni-MH, 30% para Li-ion e 50% para chumbo-ácido; fabricantes de eletroeletrônicos devem reciclar ou contratar empresa especializada ou transferir as baterias coletadas para os fabricantes de baterias que deverão recebê-las, sem custo.

**União Européia** Directive 1991/157/EC atualizada pela Directive 2006/66/EC

Válida para todos os tipos de pilhas e baterias, exceto as de equipamentos de segurança, fins militares e aquelas lançadas no espaço. Proibição daquelas com teor de mercúrio superior a 0,0005% em peso (exceto para pilhas-botão, cujo teor de mercúrio pode ser inferior a 2% em peso) e com teor de cádmio acima de 0,002% em peso (exceto as de sistemas de alarme e emergência, equipamentos médicos e ferramentas elétricas sem fio). Adotar medidas para promover coleta seletiva e minimizar o descarte no lixo doméstico; garantir que os distribuidores de pilhas e baterias portáteis aceitem sua devolução, sem custos, e que os fabricantes de baterias industriais, ou terceiros em seu nome, aceitem dos consumidores a devolução das baterias esgotadas; coletar ¼ de todas as pilhas/baterias usadas até 26/09/2012, aumentando para 45% até 26/09/2016; garantir que todas as pilhas e baterias recolhidas sejam tratadas e recicladas; reciclar, no mínimo 65% das baterias de chumbo, 75% das Ni-Cd e 50% dos demais tipos; incentivar o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem/tratamento; incentivar inovações tecnológicas que melhorem o desempenho ambiental das pilhas e baterias ao longo do seu ciclo de vida; informar aos consumidores dos efeitos potenciais das substâncias presentes sobre a saúde humana e ao meio ambiente, da necessidade de encaminharem tais resíduos aos revendedores, dos sistemas de coleta e reciclagem disponíveis, da importância da participação do indivíduo nesse processo e do significado dos símbolos constantes nos rótulos e embalagens. Os rótulos deverão constar potência, símbolo químico Hg, Cd e Pb para aquelas que contenham teores superiores a 0,0005% de mercúrio, 0,002% de cádmio ou 0,004% de chumbo, respectivamente, além de simbologia para não descarte no lixo comum. Todos os produtores de pilhas e baterias devem ser registrados, nos países onde comercializam seus produtos, junto aos órgãos competentes (Directive 2009/603/EC).

**Tabela 5:** Comparação entre os processos desenvolvidos para o tratamento de pilhas e baterias (Adaptado de Mantuano, 2005).

<b>Rota</b>	<b>Processo</b>	<b>Resíduo tratado</b>	<b>Restrições</b>
pirometalúrgica	<b>BATREC</b>	Pilhas alcalinas, Zn-C, Zn-ar e mercúrio	Ni-Cd
	<b>RECYTEC</b>	Todos os tipos de pilhas	Ni-Cd
	<b>SNAM-SAVAM</b>	Baterias Ni-Cd	
	<b>SAB-NIFE</b>	Baterias Ni-Cd	
	<b>INMETCO</b>	Pó de forno contendo ferro, zinco e chumbo e baterias Ni-Cd, Ni-MH, Ni-Fe, Li-íon e Zn-Mn	Mercúrio
	<b>WAEZL</b>	Extração de zinco de minério, tratamento de pó de forno e pilhas alcalinas	Mercúrio
hidrometalúrgica	<b>TNO</b>	Baterias Ni-Cd	
	<b>BATENUS</b>	Todos os tipos de pilhas e baterias	Mercúrio
	<b>RECUPYL</b>	Todos os tipos de pilhas e baterias	

# Educação ambiental, ludicidade e pesquisa participante no ensino fundamental

## Environmental education, recreation and participatory research in elementary school

### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo elaborar e executar um programa de educação ambiental com estudantes de uma escola pública. Tomou-se por base o diagnóstico da realidade, adotando-se como ferramentas a aplicação de estratégias definidas pela metodologia da pesquisa participante e sua articulação com o desenvolvimento de atividades lúdicas, entre as quais se destacaram o teatro, a confecção de jogos de tabuleiro, cartilhas e o exercício lúdico da aplicação de questionários junto à comunidade. Há diversos fatores que contribuem para os índices de desenvolvimento socioeconômico e cultural na cidade de Bocaiúva do Sul, com uma população predominantemente rural, que padece em decorrência da ação da indústria madeireira na exploração da mão-de-obra local no plantio de culturas exóticas. Os resultados demonstram a efetividade do desenvolvimento e aplicação de um programa de educação ambiental estruturado na ludicidade como estratégia facilitadora da participação social rumo à tomada de consciência da população sobre problemas ambientais locais.

**PALAVRAS CHAVE:** Educação. Ludicidade. Meio Ambiente. Pesquisa Participante.

### ABSTRACT

This study aimed to create and to carry out an environmental education program with students of a public school. Strategies defined by the methodology of the participant research and consequently the diagnosis of reality were used. The application of participatory research and its connection with the development of recreational activities were adopted as tools of environmental education. There are several factors that contribute to the formation of the present indices of socioeconomic development and cultural development in Bocaiuva do Sul, with a predominately rural population that suffers the exploitation of labor in plantation exotic crops aimed at the financial growth of the timber industry. The results show that the educational activities, based on recreation as a strategy to get the participation of students and their families, may contribute to the population awareness about local environmental problems.

**KEYWORDS:** Education. Recreation. Environment. Participant Research.

### Elisandra Francisco de Souza

Bióloga, Egressa do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental da Universidade Positivo - UP

### Mario Sergio Michaliszyn

Antropólogo, Professor Titular do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental – Universidade Positivo - UP

Email: mario@up.com.br.

### Cíntia Mara Ribas de Oliveira

Química, Professora Titular do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental – Universidade Positivo - UP.

## INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais são resultantes do modelo de desenvolvimento econômico vigente, do crescimento exponencial da população e da ausência de políticas de educação ambiental.

Com a avaliação dos impactos provocados pela ação humana sobre o meio ambiente, a partir dos anos 60 e 70, ganha destaque no cenário mundial a preocupação com o uso racional dos bens de consumo e a manutenção dos recursos naturais. Defende-se o princípio de que as sociedades humanas devem suprir suas necessidades sem deixar de reconhecer que as relações entre os indivíduos e destes com a natureza estão em constante mudança. A discussão sobre a importância da educação ambiental, entre outros temas correlatos, é enfatizada.

Nas últimas décadas, o processo de discussão sobre a exploração e o uso sustentável dos bens de consumo inicia-se nas escolas, a fim de despertar, nos estudantes, o olhar mais atento e o cuidado em relação ao ambiente, para que aprendam a usufruir sem destruir.

A partir da adoção de uma nova concepção sobre o papel da educação, pretende-se que a escola tome para si o compromisso de estimular e promover a reflexão sobre uma educação ética, de manutenção da vida (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC, 2001), integrando os conteúdos da educação ambiental aos estudos sobre as características geográficas, econômicas e sociais de uma comunidade para a construção do conhecimento do aluno, ou seja, as disciplinas regulares do currículo, como preconizado pelo documento Parâmetros Curriculares Nacionais.

Os conceitos de crescimento e desenvolvimento muitas vezes são utilizados como se fossem portadores de um mesmo sentido. Enquanto crescer significa

um aumento natural de tamanho, o termo desenvolver-se corresponde a ser levado a um estado melhor ou mais completo, tornar-se diferente. Sob a ótica da biologia e apropriando-se da concepção sistêmica, tem-se que o desenvolvimento é propriedade fundamental da vida. Neste sentido, “[...] Todo sistema vivo tem a capacidade de se desenvolver, passando por mudanças de forma e criando novidades” (CAPRA; HENDERSON, 2009, p. 01).

A qualidade de vida considera questões relacionadas ao desenvolvimento econômico, social e humano. O desenvolvimento econômico relaciona-se com a forma como os recursos econômicos são distribuídos em uma sociedade (OLIVEIRA, 2002), o desenvolvimento social, por sua vez, relaciona-se, diretamente com o crescimento social e o desenvolvimento humano, levando em consideração características sociais, culturais e políticas que influenciam a qualidade da vida humana (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2010). Estas questões sociais, culturais, éticas, econômicas e políticas, entre outras, estão relacionadas à construção do meio ambiente. Este pode ser definido como um lugar determinado e/ou percebido onde se encontram em constante interação os aspectos naturais e sociais, relacionando interesses econômicos de desenvolvimento e interesses ecológicos de preservação e manutenção da vida (REIGOTA, 1996), possibilitando mudanças sócio-políticas sem comprometer os sistemas ecológicos e sociais, que sustentam as comunidades e os que são base para o desenvolvimento sustentável (KELLER; GONTIJO; FERREIRA, 2009).

Referindo-se ao desenvolvimento sustentável, Cordani (1995) comenta que, enquanto um paradigma da modernidade, inclui equilíbrio de

desenvolvimento sócio-econômico, preservação e conservação<sup>1</sup> do ambiente e controle dos recursos naturais essenciais, como água, energia e alimentos.

Reformas educacionais propõem discussões relacionando meio ambiente e educação, de modo a estimular a adoção de práticas sustentáveis, contribuir para a melhoria na qualidade de vida e, conseqüentemente, com a construção de relações harmônicas entre sociedade e natureza.

A educação é aqui tratada como o conhecimento produzido pelo ser humano e aplicado aos seus semelhantes, o que implica numa visão daquele que produz sobre si mesmo e sobre os seres humanos em geral (PIVATTO, 2007, p. 344). É elemento indispensável ao desenvolvimento humano, pois nenhum ser humano conseguirá desenvolver-se e transformar-se, sem passar por processos educativos (MARCHAND; SIQUEIRA, 2007). Tais transformações ocorrem, como define Morin (2001, p. 47), pela “incorporação” de novos conhecimentos. A organização das informações recebidas, por meio de uma ação transformadora, crítica e reflexiva, modifica não somente o ser humano, mas também o mundo ao seu redor, cumprindo o significado real da palavra educar, ou seja, gerar conhecimento, “revelar o que está dentro”, deixar florescer as habilidades e potencialidades, tornando explícitos os poderes inatos do homem (MESQUITA, 2003, p. 41).

A educação serve como um motor para o crescimento econômico de um povo por meio do

---

<sup>1</sup> Enquanto a preservação ambiental propõe a criação de santuários intocáveis, sem a presença permanente de populações humanas, a conservação ambiental, por sua vez, diz respeito ao uso racional do meio ambiente, sem o qual se geram as crises ambientais.

acúmulo de capital humano (CAMPBELL, 2006), assim como “constitui-se em importante instrumento para ajustar o processo de desenvolvimento e melhorar o bem estar social da população” (TEIXEIRA; SILVA, 2006, p. 01).

A educação ambiental, por sua vez, constitui-se numa dimensão do processo educativo, que visa a formar cidadãos éticos em suas relações com a sociedade e com a natureza, fornecendo subsídios para que o indivíduo perceba-se como parte da coletividade, da sociedade em que vive, sabendo também agir de forma individual (NORONHA et al., 2009). Sob outra perspectiva, a educação ambiental, surge como uma proposta de busca de alternativas ao produtivismo neoliberal. É reduzida pela globalização econômica a um mero processo de conscientização de cidadãos e/ou a capacitação de profissionais para uma gestão ambiental orientada para a maximização econômica (LEFF, 2001). Ao contrário, a educação ambiental é aqui entendida como parte dos processos de socialização, inclusão e integração social, os quais podem ser estimulados no ambiente escolar, por exemplo, com a utilização de atividades lúdicas, importantes ferramentas para a construção coletiva de conhecimentos.

O lúdico tem sua origem na palavra *ludus* (latim) que significa jogo, brincar. Tem como proposta, incorporar o conhecimento por meio de diferentes concepções de mundo, não se restringindo às culturas infantis, mas ao homem, e caracterizando-se como uma importante atividade social, pois possibilita a aprendizagem, a sociabilidade e promove o desenvolvimento intelectual (SALOMÃO; MARTINI, 2007).

Partindo-se, então, da necessidade de integração entre a escola e o contexto social, envolvendo questões de crescimento e desenvolvimento,

este estudo teve como objetivo elaborar e executar um programa de educação ambiental no município de Bocaiúva do Sul, Paraná, Brasil, tomando por base o diagnóstico da realidade local por meio da pesquisa participante e a ludicidade como um facilitador da participação social.

## METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido com a participação de alunos da sexta série do ensino fundamental, de uma escola, localizada na região do Vale do Ribeira, no município de Bocaiúva do Sul, no estado do Paraná.

O método de pesquisa utilizou-se da Pesquisa Participante dividida em: a) levantamento e agrupamento de dados das fontes documentais (levantamento de dados, relacionados às atividades econômicas, sociais e culturais da população); b) formação das equipes participativas (45 alunos da faixa etária entre 11 e 16 anos, originários de diferentes classes sociais do município e familiares dos alunos); c) etapa de investigação (organização das equipes de investigação; rede de falas, fase em que se elaborou um questionário com objetivo de estabelecer maior organização de busca das necessidades e problemas pela obtenção de informações dos diferentes atores participantes da pesquisa; propagação e aplicação de um plano de ação e ações educativas).

Entre as atividades desenvolvidas destacam-se a realização de enquetes e pesquisas pelos próprios alunos junto aos seus familiares e com a comunidade, a confecção de redações, desenhos, histórias em quadrinhos, peças de teatro, e a construção de jogos de tabuleiro.

A estratégia metodológica adotada pode ser melhor identificada na apresentação dos resultados do trabalho, uma vez que

todo o processo se organiza a partir de demandas apontadas pelos alunos e pela população no decorrer da pesquisa e intervenção, atendendo à configuração de uma construção de conhecimento coletiva, intrinsecamente esperada e fortalecida pela política nacional no que diz respeito às ações de educação ambiental.

## A PESQUISA E SEUS RESULTADOS

O município de Bocaiúva do Sul faz parte do Vale do Ribeira-PR. Faz fronteira, ao Norte, com os municípios de Tunas do Paraná, Cerro Azul, Adrianópolis e o município de Barra do Turvo no Estado de São Paulo; ao Sul com Colombo; Ao Leste com o município de Campina Grande do Sul e a Oeste com Rio Branco do Sul. Com extensão territorial de cerca de 826.000 km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 12,10 habitantes/km<sup>2</sup> conforme dados fornecidos pelo INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES (2009). Localizado na maior área contínua de Mata Atlântica preservada, sua população se dedica prioritariamente a agricultura, explorando principalmente a vegetação local. Segundo levantamento, realizado pela Prefeitura Municipal de Bocaiúva do Sul (2010), a região ainda apresenta remanescentes de floresta nativa, com a presença de erva mate (*Ilex paraguariensis*) e a araucária (*Araucaria angustifolia*), o que torna estudos e intervenções sobre gestão e educação ambiental ainda mais importantes na região, visando a manutenção de um dos principais biomas brasileiros, principalmente no que diz respeito a sua diversidade. Outras espécies são pouco encontradas devido à exploração comercial. A exploração da madeira deu lugar a áreas florestadas por bracinga (*Mimosa scabrella*) e pinus (*Pinus caribaea*).

Os produtores da região apresentam uma estrutura fundiária que permite apenas o cultivo para o abastecimento da família (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOCAIÚVA DO SUL, 2010). Políticas e investimentos, visando o aumento da produtividade local, auxiliariam o crescimento econômico que por meio da geração de oportunidades conduziria, de forma gradual e ao longo do tempo, ao desenvolvimento social e econômico da região.

Em levantamento apresentado pelo IPARDES (2010), com base em dados do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE (2007), o município contava com 9.533 habitantes, 4.924 (51,65%) do sexo masculino e 4.609 (48,35%) do sexo feminino, o que corresponde a 19,8% da população do Vale do Ribeira. Com grau de Urbanização de 39,36% (IPARDES, 2009) está entre os municípios com perda populacional crescente para grandes centros urbanos, pois falta oportunidade de emprego e infraestrutura básica que garanta uma melhor qualidade de vida para os seus moradores, garantindo-lhes renda que supra suas necessidades básicas (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2010).

Segundo relatório do IPARDES (2010), a faixa etária de maior representatividade no município é formada por pessoas de 10 a 14 anos de idade, correspondendo a 10,53% da população total do município, o que confirma também a perda populacional pela falta de emprego para a população adulta. Dentro deste grupo, os indivíduos do sexo masculino correspondem a 54,18%, e os do sexo feminino a 45,82%. Os representantes desta faixa etária foram os participantes das atividades desenvolvidas nesta pesquisa. Há uma queda no número acima dos 70 anos, totalizando 4,26% da população.

A família rural é composta

em média por 4,6 pessoas. As crianças começam a trabalhar com os pais por volta dos 7 anos de idade e as mulheres além dos afazeres domésticos ajudam no serviço da roça e na comercialização da produção (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOCAIÚVA DO SUL, 2010). Estas características sociais e culturais influenciam a qualidade de vida e conseqüentemente o desenvolvimento dessas famílias, pois ao considerar o homem como produto do meio em que vive, Vygotsky percebe que as relações vivenciadas por cada indivíduo determinarão as condições de vida de sua sociedade, levando-os a um maior ou menor desenvolvimento humano, social e econômico.

Dados do IPARDES (2010) indicam que a população de acordo com o tipo de domicílio, tem 3.562 pessoas vivendo em área urbana e 5.488 pessoas vivendo na área rural, devido à exploração florestal presente principalmente na área rural, que caracteriza uma das principais fontes de renda da região.

A incidência de grupos populacionais na área rural justifica-se pela forma como a economia regional é distribuída com atividades relacionadas à agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e a pesca (IPARDES, 2010).

Considerando-se que a qualidade de vida de uma comunidade definirá o seu desenvolvimento humano, é possível dizer que o desenvolvimento humano da região é influenciado pela maior concentração da população nas áreas rurais, bem como pelo uso da mão de obra infantil e da mulher que ajudam no sustento da casa (IPARDES, 2010).

O crescimento de domicílios, após dez anos, aumentou em 4,19% no espaço urbano e 0,33% nas áreas rurais (IPARDES, 2010).

Segundo Comin e Freire (2009), o crescimento deve ser observado a partir da diade qualidade/sustentabilidade e da

disponibilidade de recursos financeiros, que possibilitem vida digna a todo cidadão, bem como, a forma como estes recursos serão utilizados de modo a garantir a mesma dignidade aos descendentes. Uma sociedade precisa crescer de forma equilibrada e com qualidade (CAPRA; HENDERSON, 2009).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município, que é a medida comparativa de pobreza, alfabetização, esperança de vida e outros fatores, sendo a diferença desses o caminho a ser percorrido por uma sociedade, é, segundo IBGE (2009), de 0,719. O índice vai de 0 a 1, valores entre 0,500 e 0,799 indicam uma região em processo de desenvolvimento. Este índice aponta para as desigualdades existentes no país se considerado o índice alcançado pelo Brasil no ano de 2009 (PNUD, 2010) de 0,81, colocando o país entre as localidades em rápido processo de crescimento. Segundo IBGE (2009), o número de pessoas em situação de pobreza, no município, é superior a 34%. É importante observar que em contraposição aos ricos patrimônios ambiental e cultural, os municípios do Vale do Ribeira apresentam os mais baixos IDH dos estados de São Paulo e Paraná, incluindo os mais altos índices de mortalidade infantil e de analfabetismo (TATTO; GAZZETTA, 2009).

De acordo com dados fornecidos pelo serviço de Vigilância Sanitária e posteriormente confirmados pelos dados obtidos com a pesquisa, em Bocaiúva do Sul não há rede de coleta ou estações de tratamento de esgoto. A maior parte da população faz uso de fossa, poço morto e galerias de águas pluviais. Na área rural, ainda podem ser encontradas latrinas com fossa seca. A coleta de lixo comum é realizada por sistema de coleta pública, três vezes por semana na sede e alguns pontos de área rural. O destino final do lixo coletado é o Centro de Gerenciamento de

Resíduos Iguazu, localizado no município de Fazenda Rio Grande, região metropolitana de Curitiba, não havendo coleta seletiva para o lixo reciclável (PREFEITURA MUNICIPAL DE BOCAIÚVA DO SUL, 2010).

Segundo IBGE (2009), 2.008 unidades, residenciais e comerciais, recebem água tratada. O Paraná Cidade (2009) indica que nenhuma delas possui tratamento de esgoto e 1.879 contam com ligações de energia elétrica.

Em resposta ao questionário sobre as condições sanitárias, 100% dos participantes afirmaram possuir banheiro e luz elétrica, porém, quando foram realizadas atividades lúdicas, alguns participantes afirmaram não receber luz elétrica em suas residências, como se pode observar neste trecho de redação:

Eu queria também que na minha casa houvesse luz própria e não emprestada da serraria que tem perto da minha casa, eu queria porque quando o dono da serraria não paga a luz nós ficamos sem luz (J. 12 anos, área rural, feminino em 6<sup>a</sup> série, 2009).

Se na atividade anterior 100% indicava que sua residência era servida por energia elétrica e neste caso, o aluno queixa-se pela ausência desta, tal resposta se dá pelo desejo de que a energia seja formalmente destinada à família e sua respectiva unidade domiciliar e não obtida informalmente de outro local, como no caso, a serraria. Também é interessante observar que o participante, residente em área rural, remete-se ao direito de acesso e controle de um serviço público, que não possui.

Questões ligadas a condições sanitárias de uma população, segundo Chaves e Rodrigues (2006), estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento sustentável, Para Grun (2001), as ações humanas, com relação à

habitação e água, por exemplo, terão influência direta no seu ambiente, motivo pelo qual os relatos dos participantes com relação às condições de saneamento, dos seus locais de moradia, são de extrema relevância. Neste sentido, observa-se que 93,2% dos participantes da pesquisa, afirmaram possuir água encanada em suas residências.

Os dados oficiais descrevem um quadro que corresponde a 100% de moradias sem tratamento de esgoto, mas 50,8% dos participantes afirmaram possuir rede de esgoto em suas residências. Segundo os participantes da pesquisa, os resíduos produzidos são lançados em fossas sépticas, presentes em 32,2% das residências, ou em outros locais como rios e no próprio solo. De acordo com o Ministério das Cidades (2009), a cidade não apresenta rede de esgoto, dispondo somente de sistema de abastecimento de água, que, de acordo com o IPARDES (2010), atende cerca de 1.800 moradias.

Os participantes assim descrevem a situação que vivenciam pelos problemas causados pela falta de saneamento,

Perto da minha casa as coisas mais ruins é um esgoto que não é tampado e é horrível porque o cheiro é muito ruim, é horrível. Também tem uma cachoeira muito linda, mas perto da minha casa tem um matadouro um frigorífico e tudo, as buchada dos porcos vem na água e o cheiro é muito ruim também (I. 12 anos, área rural, feminino em 6<sup>a</sup> série, 2009).

O texto da aluna revela a presença no imaginário social do grupo, de outra concepção de esgoto, referindo-se às valas a céu aberto, nas quais são depositados os dejetos das residências. É possível perceber na fala da aluna que há uma tomada de consciência a respeito do ambiente em que ela

está inserida, o que Novais e Guarim Neto (2007) descrevem como a percepção ambiental que o sujeito tem, o ato de perceber o ambiente em que se está inserido. A escola, por meio de informações e da educação ambiental, contribui para esta tomada de consciência, pois possibilita o desenvolvimento de ações capazes de ajudar na transformação do padrão de degradação socioambiental descrito neste relato. Esta foi uma das hipóteses confirmadas pelo presente trabalho, pois à medida que ações educativas propostas eram realizadas, cada vez mais evidenciava-se o nível de preocupação dos alunos com os problemas ambientais locais, como se pode observar no relato a seguir:

Na região onde a gente mora não passa caminhão de lixo e quando chove o lixo corre junto com a água que causa entupimento de bueiros e também causa derrubamento de terra, que cai na pista dificultando o deslocamento de carros como por exemplo o ônibus escolar que não pode vir por causa disso, e também cai em cima das casas provocando enormes estragos. Quando vai para os rios o lixo, a água já não dá mais para ser consumida pelos humanos porque pode causar doenças graves. E também em algumas localidades tem esgoto que deságua no rio. (I., 11 anos, feminino, área rural em 6<sup>a</sup> série 2009).

Ao tratar das relações que ocorrem no meio ambiente e mais especificamente em educação ambiental, Adams (2005) diz ser necessário que se incorporem questões sócio-econômicas, políticas, culturais e históricas, considerando sempre a região ou comunidade, e suas atitudes, como a de jogar restos de animais mortos em locais inadequados, sem preocupação com danos ambientais provocados no solo ou em rios. Ainda são muitos aqueles que

consideram a inexistência de vínculos entre meio ambiente e questões econômicas, logo em função do crescimento econômico muitas preocupações ambientais são abandonadas, como cuidados com descartes de dejetos, por exemplo (CRESPO; NOVAIS, 2001).

Entre todos os participantes da pesquisa, 1,1% dizem haver coleta de lixo em seus bairros. Segundo a Prefeitura Municipal de Bocaiúva do Sul (2010), há coleta de lixo em média três vezes na semana na área urbana. 38,9% dizem não haver coleta de lixo, sendo o mesmo descartado de outras formas. As mudanças de comportamento com relação a questões como o descarte de dejetos e resíduos ocorrerão com a participação de todos, devendo toda a população estar engajada para mudar a realidade em que vive, como comenta Tristão (2007). O conhecimento do ambiente e dos problemas a ele associados será capaz de levar os moradores de Bocaiúva do Sul a uma responsabilidade crítica. Segundo Zitzke (2002), o conhecimento do ambiente e dos problemas ambientais leva a analisar o próprio comportamento, o que resulta em mudanças de atitudes individuais e coletivas, tanto na área urbana como na área rural, onde não há coleta de lixo.

O trecho a seguir descreve a situação do lixo na área rural.

Eu gostaria [...] que o caminhão de lixo passasse nas casa da zona rural. A minha vó, o meu padrasto vive reclamando que não passa lá em casa (R. 13 anos, área rural, feminino em 6ª série, 2009).

Ao serem perguntados sobre o destino do lixo (resíduos) produzido pelos moradores da região, 47,6% dos entrevistados responderam que queimam os resíduos, 14,3% enterram, 33,3% queimam ou enterram e 4,8% responderam que jogam no rio. Na

sede do município, mesmo com a coleta de lixo realizada três vezes na semana pelo poder público, o que se percebe é que muitos moradores ainda jogam o lixo nos terrenos desocupados ou até mesmo na rua.

A visão antropocêntrica que reconhece os seres humanos como sujeitos e o mundo seu objeto desconsidera a necessidade de respeitar todo tipo de vida, conservando sua relação de interdependência (GRUN, 2001) e torna comum a destruição ambiental. Este tipo de pensamento justifica atitudes como o descarte inadequado de resíduos, entre outros danos ambientais.

Como resultado de discussões travadas com os participantes sobre os problemas ambientais presentes na região, foram identificados como os mais significativos, o lixo e o esgoto.

O esgoto é ruim porque causa muita doença, porque aparecem muitos ratos mortos que acabam prejudicando a saúde da população. Também porque o cheiro é muito forte e acaba prejudicando o comércio por causa do cheiro, também por causa dos turistas que vem visitar Bocaiúva pensando que a cidade ótima para se viver mas que não é bem assim, Bocaiúva não é uma cidade perfeita por causa dos problemas que tem aqui, se os problemas fossem resolvidos Bocaiúva seria uma cidade perfeita (excerto de redação. K., 12 anos, feminino, área urbana em 6ª série 2009).

Em entrevista informal realizada após a elaboração da redação, a aluna declara que o esgoto pode provocar odor indesejado, prejudicando a visibilidade da cidade e deixando de atrair visitantes. Quando questões desta natureza foram discutidas com os alunos, estes demonstraram que os problemas presentes em Bocaiúva do Sul prejudicam o turismo. Para eles, a cidade ideal

seria aquela que atrai turistas por sua beleza, sem esgoto a céu aberto. Como solução, um dos alunos propõe “melhorar a rede de esgoto porque está indo tudo no rio, também precisa fechar a fossa porque o cheiro é muito forte” (M., 14 anos, masculino, área urbana em 6ª série 2009).

Há uma preocupação por parte dos alunos com os resíduos que são lançados nos rios utilizados por muitos como local destinado ao lazer (banho ou pescaria) de suas famílias e vizinhos.

É importante observar que tanto nas falas dos alunos quanto nas redações ou nas práticas de teatro todos demonstraram uma forte preocupação com a imagem da cidade e os problemas ali presentes. O não investimento no potencial turístico local é por eles correlacionado com a ausência de políticas públicas efetivas que tratem do meio ambiente, como é o caso do destino adequado de dejetos e resíduos – lixo e esgoto e com a utilização racional dos recursos naturais ali existentes.

Eu queria que na minha cidade tivesse peças de teatro, cinema, música. Queria que tivesse pouca poluição. (...) Bocaiúva é a única cidade que não tem quase nada. Se todo mundo se reunisse para fazer novas coisas a cidade poderia ir para frente. (...) Eu acredito que Bocaiúva ainda vai crescer (A., 13 anos, masculino, área rural em 6ª série 2009).

As afirmações de Oliveira (2002) ao concluir que o desenvolvimento trata de melhoria na qualidade de vida acompanhado de crescimento econômico, e este, sem dúvida é o que mais deseja a população local, como pode ser observado nas diferentes falas dos atores sociais envolvidos no processo de pesquisa aqui descrito.

Além da preocupação com os problemas do odor provocado pelo lançamento de resíduos e

dejetos, em locais inadequados, há também uma preocupação com as doenças advindas desta prática. Os alunos demonstraram ter consciência dos problemas de saúde provocados pelo armazenamento de vasilhas em locais inadequados, como exemplificado pela fala de uma das participantes:

Ao lado da minha casa precisa que seja retirado o lixo que tem ali, porque tem risco de dengue (N., 13 anos, feminino, área urbana em 6ª série 2009).

A preocupação e a indignação com o descaso com o meio ambiente praticado por empresas locais também é evidente nos textos produzidos pelos alunos.

Perto das nossas casas existe um abatedouro que polui o meio ambiente, por que as fezes dos animais caem dentro do rio, e isso fica cheirando mal (I., 11 anos, feminino, área rural em 6ª série 2009).

Os participantes das equipes da região oeste do município também citam como problemas o destino do lixo, o esgoto e as queimadas. Referem-se ainda à falta de coleta de lixo em algumas regiões, o que provoca entupimento nos bueiros e causa danos principalmente em dias de chuva.

Na região onde a gente mora não passa caminhão de lixo e quando chove o lixo corre junto com a água que causa entupimento de bueiros e também causa derrubamento de terra, que cai na pista dificultando o deslocamento de carros como por exemplo o ônibus escolar que não pode vir por causa disso, e também cai em cima das casas provocando enormes estragos. Quando vai para os rios o lixo, a água já não dá mais para ser consumida pelos humanos porque pode causar doenças graves. E também em algumas localidades tem esgoto que deságua no rio (R., 15 anos,

masculino, área rural em 6ª série 2009).

Após a indicação dos problemas, os alunos passaram a desenvolver atividades a partir da identificação de hipóteses para a sua solução, destacando-se a construção e apresentação de peças de teatro e de jogos de tabuleiro.

A peça de teatro intitulada “Deu a louca nos três porquinhos” estabelece uma crítica às tecnologias de alto custo, representadas pela construção de máquinas e foguetes para a eliminação de resíduos. Esta crítica jocosa é pelos próprios alunos rebatida, ao oferecerem uma solução simples e prática como a montagem de uma indústria de reciclagem.

Era uma vez três porquinhos (...) O mais velho pensou em uma maneira de dar um jeito em todo o lixo e poluição onde eles moravam. (...) pensou em construir uma máquina que acabava com o lixo. (...) A máquina já estava pronta. Só faltava ligar na tomada, quando explodiu. João, o irmão do meio então decidiu construir um foguete para levar todo o lixo para o espaço, mas na hora de decolar para o espaço, nem saiu do chão. E então o Pedro, o caçula, se uniu com seus irmãos e montou uma indústria de reciclagem e com o tempo os três irmãos conseguiram deixar toda região sem lixo, graças à inteligência dos porquinhos.

A experiência com a construção de peças de teatro foi fortalecida por princípios pautados pelas teorias desenvolvidas por Lev Vygotsky, para quem a cultura não pode ser compreendida como algo acabado, mas sim, comparada a um palco de negociações onde há uma interação constante dos indivíduos para recriar e reinterpretar informações, conceitos e significados (CORRÊA, 2001).

A peça construída pelos alunos constitui-se não apenas na recriação da realidade, mas na demonstração de sua capacidade de reinterpretar o real e a ele oferecer alternativas de solução. Na perspectiva vygotskyana, estes alunos demonstraram sua capacidade de se transformar e serem transformados pelas relações sociais que estabelecem com o meio. Na interação com o mundo, realizam atividades organizadoras capazes de indicar possibilidades de renovação da própria cultura (NEVES; DAMIANI, 2006).

Sob a mesma perspectiva, na confecção de jogos, considerou-se, que os jogos permitem a produção de uma cultura lúdica, diversificada. Nela, como afirmam Alves e Gnoato (2003, p. 112), “as crianças entram em contato o tempo todo, durante a brincadeira, com signos produzidos pela cultura à qual pertencem”, pois a atividade de brincar da criança é estruturada conforme estes sistemas de significado cultural.

Os alunos confeccionaram jogos de tabuleiro e posteriormente jogaram. Ao construir o jogo, os alunos partiram do princípio teórico de que o mesmo deveria possuir regras. Tendo incorporado este conceito em vivências anteriores, reafirmaram que este se constitui como uma atividade de normas livremente consentidas, e, instintivamente confirmam o que é definido por Vasconcellos, ao dizer que tais regras são absolutamente obrigatórias. Na concepção do referido autor, observa-se que o jogo é sempre “dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão ou alegria e de uma consciência de ser diferente da “vida cotidiana” ” (VASCONCELLOS, 2006, p. 149).

A construção de jogos apresentou-se, junto a outras atividades lúdicas como o teatro, como hipótese de solução, na tentativa de sensibilizar os jogadores sobre os problemas ambientais presentes na região, levando-os à

reflexão, um instrumento facilitador para o caminho da posterior ação de mudança.

As regras dos jogos confeccionados, como, número de participantes e perguntas das casas dos tabuleiros foram criadas e descritas, pelos alunos, junto a cada tabuleiro, seguindo os conhecimentos e vivências retiradas de seu cotidiano sobre o desenvolvimento de atividades lúdicas. Os jogos criados relacionavam os animais com seu habitat e sua relevância para o mesmo, outros permitiam ao participante responder questões relacionadas ao meio ambiente ao se deslocar pelo percurso do tabuleiro. O material como dados para cada participante e peças que deveriam ser utilizadas para percorrer o tabuleiro também foram confeccionados pelos alunos.

As atividades lúdicas desenvolvidas pelos participantes passaram a compor uma cartilha que foi disponibilizada com indicação de uso para os professores, passível de adaptação para diferentes áreas do conhecimento em trabalhos inter ou multidisciplinares com foco na participação coletiva.

Neste sentido, a mudança de hábitos da população ocorrerá segundo Albuquerque, Miranda e Kneipp (2008), em parceria com a participação pública, à medida que esta tem capacidade para gerenciar os recursos ambientais promovendo a melhoria na qualidade de vida de uma população, ajudando no combate de problemas provocados pela degradação ambiental.

## CONCLUSÃO

A elaboração e execução de um programa de educação ambiental, utilizando-se do diagnóstico participativo, foi possível por meio da identificação dos problemas ambientais presentes em Bocaiúva do Sul, da participação de pais e da comunidade e da busca de soluções aos problemas ambientais

a partir da investigação e da intervenção em grupos.

Os resultados obtidos por meio da participação dos diferentes atores tiveram como propósito contribuir para a implantação de uma ação transformadora no que diz respeito à conservação do meio ambiente e à melhoria da qualidade de vida da população. A diferença desta prática com relação a outras práticas de educação ambiental tradicionais é que a mesma por meio da participação coletiva leva os participantes a uma ação de busca dos problemas por eles enfrentados, uma reflexão por parte dos mesmos e novamente a uma ação na tentativa de minimizar estes problemas, como ficou evidenciado na tomada de consciência marcante nas ações e falas dos atores durante as atividades lúdicas realizadas.

Da análise dos resultados obtidos, se pode depreender que o lúdico apresenta-se promissor como estratégia facilitadora da participação social, ampliando o comprometimento com a mudança da realidade socioambiental em que os atores se inserem.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, B. G. Texto Comemorativo: O que é Educação Ambiental? *Projeto Apoema - Educação Ambiental*. Novo Hamburgo, Junho, 2005. Disponível em: <<http://www.apoema.com.br/definicoes.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

ALBUQUERQUE, R. C.; MIRANDA, A. C.; KNEIPP, R. E. Promovendo o Ensino-Aprendizagem de Educação Ambiental no Ensino Fundamental com Jogos Baseados em Ferramentas Computacionais. **Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, Julho, 2008. Disponível em: <[http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2008/artigos/2e\\_rodney.pdf](http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2008/artigos/2e_rodney.pdf)>. Acesso em: 19 jul. 2010.

ALVES, A. M. P.; GNOATO, G. O brincar e a cultura: jogos e brincadeiras na cidade de Morretes na década de 1960. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 8, n. 1, p. 111-117, jan./jun., 2003.

CAMPBELL, D. E. What is education's impact on civic and social engagement? Measuring The Effects Of Education On Health And Civic Engagement. In: COPENHAGEN SYMPOSIUM, 2006, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen, 2006. p. 25-28. Disponível em: <<http://www.nd.edu/~dcampbe4/OECD.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2010.

CAPRA, F.; HENDERSON, H. Crescimento qualitativo Por Fritjof Capra e Hazel Henderson. **Mercado Ético**, Junho, 2009. Disponível em: <<http://mercadoetico.terra.com.br/arquivo/crescimento-qualitativo/>>. Acesso em: 07 abril 2010.

CHAVES, M. P. S. R.; RODRIGUES, D. C. B. Desenvolvimento sustentável: limites e perspectivas no debate contemporâneo. **Interações**, Campo Grande, v. 8, n. 13, p. 99-106, Sept., 2006.

COMIN, A. A.; FREIRE, C. T. Sobre a qualidade do crescimento: atores, instituições e desenvolvimento local. **Novos estud. - CEBRAP** [online], n. 84, p. 101-125, 2009.

CORDANI, U. G. As ciências da terra e a mundialização das sociedades. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, p. 13-27, 1995.

CORRÊA, M. C. Memória da Escrita e Escrita da Memória. **Fragmentum**, n. 2, Laboratório Corpus: UFSM, 2001. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/corpus/public/frag02.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2010.

CRESPO, S.; NOVAES, E. **O que pensa o brasileiro sobre meio ambiente e consumo sustentável**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília; Instituto de

Estudos da Religião, Rio de Janeiro: Tricontinental, 2001. 35 p.

GRUN, M. **Ética e educação ambiental**: a conexão necessária. 4. ed. São Paulo: Papirus, 2001. 120 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Contagem da População**. 2007. <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=410310>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 24 ag. 2009.

INSTITUTO PARANENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Paraná projeção das populações municipais por sexo e idade 2001-2020**, Curitiba, 2009. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/pdf/projecoes\\_municipais.pdf](http://www.ipardes.gov.br/pdf/projecoes_municipais.pdf)>. Acesso em: 03 jul. 2010.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Caderno Estatístico Município de Bocaiúva do Sul**. Abril, 2010. 26 p. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=83450>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

KELLER, J.; GONTIJO, L. A.; FERREIRA, D. D. M. As organizações e os desafios da redução do impacto ambiental. In: XII SEMEAd, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2009.

LEFF, E. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis: Vozes, 2001. 344 p.

MARCHAND, E. A. A.; SIQUEIRA, H. C. H. Educação física como meio de educação em saúde. **VITTALLE**, Rio Grande, v. 19, n. 2, p. 29-36, 2007.

MESQUITA, M. F. N. **Valores humanos na educação**: uma nova prática na sala de aula. São Paulo: Gente, 2003. 144 p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC: SEF. Secretaria de Educação Fundamental. **Panorama da educação ambiental no ensino fundamental**. Brasília, 2001. 149 p. Disponível em: <[http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/pol/panorama\\_educacao.pdf](http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/pol/panorama_educacao.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2009.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 128 p.

NEVES, R. A.; DAMIANI, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. **UNirevista**, São Leopoldo, v. 1, n. 2, p. 1-10, abril, 2006.

NORONHA, M. G. R. C. S. et al. Estagiários atuando na educação ambiental não formal: relatando experiências. In: IX Congresso nacional de educação (EDUCERE). III Encontro sul brasileiro de psicopedagogia. 26-29 out., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2009.

NOVAIS, A. M.; GUARIM NETO, G. Percepção ambiental de estudantes da escola "Dr. José Rodrigues Fontes", Cáceres, Mato Grosso. **Revista Travessias**, Mato Grosso, v. 1, n. 1, 2007.

OLIVEIRA, G. B. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. **Revista FAE**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 37-48, maio/ago., 2002.

PARANACIDADE. **Bocaiúva do Sul**. 2010. Disponível em: <[http://www.paranacidade.org.br/municipios/municipios.php?id\\_municipio=40](http://www.paranacidade.org.br/municipios/municipios.php?id_municipio=40)>. Acesso em: 20 mar. 2010.

PIVATTO, P. S. Visão de homem na educação e o problema da humanização. **Educação**, Porto

Alegre, v. 62, n. 2, p. 337-363, maio/ago., 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BOCAIÚVA DO SUL. **Dados do município**. 2010. Disponível em: <<http://www.bocaiuvadosul.pr.gov.br/#>>. Acesso em: 20 jun. 2010.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **Pobreza e desigualdade**. 2010. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/projetos/pobreza\\_desigualdade/](http://www.pnud.org.br/projetos/pobreza_desigualdade/)>. Acesso em: 23 mar. 2010.

REIGOTA, M. **O que é Educação ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 1996. 107 p.

SALOMÃO, H. A. S.; MARTINI, M. A **importância do lúdico na Educação Infantil: Enfocando a brincadeira e as situações de ensino não direcionado**. O portal dos psicólogos, 2007. Disponível em: <<http://www.psicologia.com.pt/artigos/textos/A0358.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2010.

TATTO, N.; GAZZETTA, C. A. **Recuperando as matas ciliares do Vale do Ribeira Programa Vale do Ribeira/ISA**. São Paulo, Programa Mata Atlântica/Vidágua, 2009. Disponível em: <<http://www.ciliosdoribeira.org.br/sites/www.ciliosdoribeira.org.br/files/files/cartilha.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

TEIXEIRA, E. R.; SILVA, R. Educação e crescimento econômico: uma análise econométrica para os municípios de São Paulo (1980-2000). **Revista de Graduação em Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas do CCSA/Mackenzie**, v. 3, n. 1, p. 1-18, jan./jun., 2006.

TRISTÃO, M. A educação ambiental e os contextos formativos na transição de paradigmas. In: Reunião Anual da

Anped, Caxambu, 30, 2007. **Anais...**  
Caxambu, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PARANÁ. **O Vale do Ribeira.**  
Programa vale do Ribeira da UFPR,  
2010. Disponível em:  
<<http://www.valedoribeira.ufpr.br/vale.htm>> Acesso em: 19 out. 2009.

VASCONCELLOS, T. Crianças em  
trilhas na natureza: jogos de  
percurso e reencantamento. **Revista  
do Departamento de Psicologia da  
UFF**, Niterói, v. 18, n. 2, p. 143-162,  
jul./dez., 2006.

ZITZKE, V. A. Educação ambiental e  
ecodesenvolvimento. **Revista  
Eletrônica Mestrado em Educação  
Ambiental**, Rio Grande, v. 09, p.  
175-188, jul./dez., 2002.

## Adição de resíduo de manta cerâmica em argamassa

### Addition of ceramic blanket waste in mortar

#### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar a influência da substituição de cimento por resíduo de manta cerâmica na resistência à compressão e no índice de consistência da argamassa. Após a determinação do traço a ser utilizado, o resíduo foi usado na preparação da argamassa, juntamente com os outros materiais (areia, cimento, cal hidratada e água), em substituição ao cimento, nas proporções de 0%, 2%, 4% e 6% em massa. Foram realizados ensaios de resistência à compressão e determinação do índice de consistência das diferentes argamassas preparadas. Os resultados dos ensaios mostraram que o melhor valor de resistência a compressão médio foi para a substituição de 2% em massa de cimento com 10,2 MPa, porém em todos os teores adicionados houve aumento na resistência a compressão. O índice de consistência diminuiu com a substituição de 2% em massa de cimento e aumentou com a substituição de 4% e 6%. Estes resultados indicam a viabilidade técnica da utilização do resíduo de manta cerâmica na fabricação de argamassa. **Palavras chaves:** resíduo de manta cerâmica, argamassa, resistência à compressão, índice de consistência.

#### ABSTRACT

The goal of this study is to assess the influence of replacement of cement by ceramic blanket waste in the compression strength and consistency index of the mortar. After the trace determination, the waste was used on the mortar preparation with other materials (cement, sand, hydrated lime and water), replacing the cement, at proportions of 0%, 2%, 4% and 6% in weight. Tests were realized to determine the compression strength and consistency index of the different mortars prepared. The test results showed that the best value of average compressive strength was for the replacement of 2% of cement with 10.2 MPa, but at all levels added there was an increase in compressive strength. The consistency index decreased with the replacement of 2% by weight of cement and increased with the replacement of 4% and 6%. These results indicate the feasibility of using waste in the manufacture of ceramic blanket mortar.

**Key words:** waste, ceramic blanket, mortar, compression strength, consistency index.

#### **Luiz Alberto Baptista Pinto Junior**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais- Propemm- Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes

#### **Mônica Catoldi Borline**

Pesquisadora do CETEM-ES

#### **Ricardo André Fiorotti Peixoto**

Professor do Departamento de Engenharia Civil da UFOP

#### **José Roberto de Oliveira**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais- Propemm: Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes;  
E-mail jroberto@ifes.edu.br

## INTRODUÇÃO

As mantas, ou lãs, cerâmicas são produzidas a partir da fusão a 2.400°C de grãos de alumina e de quartzo, das quais se gera filamentos que recebem sopro de ar para uma maior formação de fibras, processo denominado “*Radial Blowing*” (Sopro Radial). Normalmente, faz parte da formulação a zirconita, para aumentar a refratariedade da fibra (acesso em 11 nov. 2009, UNIFRAX). O resultado é um produto leve, flexível e totalmente inorgânico, obtido através de entrelaçamento argamassa ou ao concreto convencional reduz a sua trabalhabilidade e esta redução é proporcional à concentração volumétrica de fibras. Segundo o autor essa limitação pode ser contornada por meio de uma correta seqüência de preparo da argamassa ou do concreto com adição de aditivos incorporadores de ar, plastificantes e um maior teor de pasta. O autor estudou o comportamento das fibras de vidro adicionadas em argamassa e em concreto, e afirmou que estas fibras, cuja composição química assemelha-se às fibras cerâmicas, apresentam problemas quanto à corrosão no meio alcalino das argamassas e do concreto, devido às reações de hidratação do cimento, o que provoca perda das propriedades desses materiais. Para resolver esse problema, o autor afirma que foram desenvolvidas fibras de vidro álcalis resistente (AR), com a presença de cerca de 16% de zircônio  $ZrO_2$ , que é o caso da manta cerâmica usada no presente trabalho.

Laguna e Almaraz (1978), Ma, Zu e Ian (2004) relatam que a adição de fibra em compósitos de cimento, produz uma melhoria no desempenho das argamassas e

dos filamentos das fibras. Este produto é usado como isolante térmico nas indústrias metalúrgicas, de cimento e química, e como isolante acústico.

Os equipamentos isolados com manta cerâmica são 75% mais leves que os refratários isolantes e 90 à 95% mais leves que os refratários densos; resistência a choques mecânicos; excelente estabilidade química, não sendo afetada pela maioria dos produtos químicos, com exceção dos ácidos fluorídricos, fosfóricos e álcalis concentrados (acesso em 11 nov. concretos, conferindo um ganho nas resistências mecânicas, minimização de custos e também utilização de materiais disponíveis no mercado.

Já Aitcin (2000) e Grande (2003), estudaram a adição de resíduos contendo fibras cerâmicas na fabricação de materiais de construção, e concluíram que o aumento na resistência mecânica que ocorre nestes produtos, se deve à atividade pozolânica destas fibras.

A norma NBR 12653/1992, estabelece as condições para que um material seja considerado pozolânica. Pozolanas são materiais silicosos ou sílico-aluminosos, sem ou com pouco valor como aglomerante que, finamente moídos e em presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio liberado na hidratação do cimento e formam compostos com propriedades aglomerantes.

Além da ação química, as pozolanas possuem ação física, atuando como material de enchimento (filler), produzindo um arranjo mais eficiente na interface agregado-pasta de cimento, reduzindo a segregação e aumentando a densidade e homogeneidade dessa zona de

2009, MORGANITE).

O estudo apresentado no presente trabalho foi feito com o resíduo de manta cerâmica fabricada pela empresa Morganite, e foi gerado em um processo de lingotamento contínuo de aço, onde a manta é usada como isolante térmico. Porém devido às condições do processo, sua capacidade de isolamento térmico diminui, e esta precisa ser substituída de tempo em tempo, gerando assim o resíduo em questão.

Para Peruzzi (2002), a adição de qualquer tipo de fibra à transição (Petrucci, 1993). Ou de outra forma, por materiais pozolânicos entende-se aqueles que possuem em sua composição silicatos ou sílico-aluminatos amorfos com nenhuma ou pouca atividade aglomerante mas que, quando em contato com a água e em temperatura ambiente, reagem com o hidróxido de cálcio, formando componentes com propriedades cimentantes (Lea, 1971).

Os principais produtos da reação entre a pozolana e o hidróxido de cálcio são o silicato de cálcio e o aluminato de cálcio hidratados. A precipitação de CSH ocorre pela dissolução da pozolana em meio alcalino com sua combinação com os íons  $Ca^{2+}$  presentes na solução (John et al., 2003).

As pozolanas, segundo Petrucci (1993) possuem a propriedade de fixar a cal liberada na hidratação do cimento, desenvolvendo-se então suas propriedades hidráulicas. Esse seria o papel da pozolana, fixar a cal sob uma forma insolúvel para impedi-la de reagir ou dissolver-se, melhorando assim a resistência a compressão da argamassa ou do concreto (Petrucci, 1993).

Vários estudos mostram que a pozolana natural tem sido amplamente usada como substituto ao cimento em muitas aplicações por suas vantajosas propriedades inclusive benefícios econômicos e ambientais, redução de permeabilidade, aumento de resistência química e melhoria das propriedades do concreto fresco (Mehta, 2008; Ghrici, 2006).

Este trabalho, portanto, tem o objetivo de estudar a influência da adição de resíduo de manta cerâmica, aproveitando suas propriedades pozolônicas, na resistência a compressão e consistência das argamassas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Aquisição e Caracterização dos Materiais

Os materiais usados neste trabalho foram: manta cerâmica, cimento, cal hidratada, areia (agregado miúdo), água e resíduo.

A manta cerâmica usada foi fabricada pela empresa Morganite, e possui as seguintes características: ponto de fusão de 1760 °C; diâmetro das fibras de 2,5 a 3,5 micrometros; densidade 2,7 g/cm<sup>3</sup>; calor específico de 1130 J/kg.K. A composição química da manta utilizada antes de virar resíduo era: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= 35%; SiO<sub>2</sub>=50%; ZrO<sub>2</sub>=15% (acesso em 11 nov. 2009, MORGANITE). Esta manta é usada como isolante térmico em válvulas tubulações que são submetidas a temperaturas acima de 500 °C.

O cimento utilizado foi da marca Nassau tipo CPII-E (com adição de escoria granulada de alto forno), e areia foi caracterizado como agregado miúdo comum fino, como será mostrado adiante. A cal utilizada foi da marca Massical tipo CHI.

Foram utilizadas três porcentagens de resíduo na argamassa; 2%, 4% e 6% em massa em substituição ao cimento e

% Resíduo	Cimento (g)	Resíduo (g)	Cal (g)	Areia (g)	Água (mL)	R*
0% (T <sub>ref</sub> )	157	-	445	1649	549,75	3,50
2% (T <sub>2</sub> )	153,86	3,14	445	1649	544,96	3,54
4% (T <sub>4</sub> )	150,72	6,28	445	1649	542,10	3,60
6% (T <sub>6</sub> )	147,58	9,42	445	1649	539,23	3,65

\*R = massa de água/ massa de cimento

**Tabela 1** - Quantidade dos materiais utilizados nos diferentes traços para fabricação das argamassas

comparados com uma amostra padrão sem resíduo. Para cada porcentagem foram realizados quatro ensaios de resistência a compressão e de determinação do índice de consistência.

Uma vez executados os ensaios de determinação da resistência à compressão, granulometria do agregado miúdo e determinação do índice de consistência das diferentes argamassas, os resultados foram comparados entre si.

### Determinação dos traços e preparação das misturas

Foram preparados 4 diferentes tipos de traços; T<sub>ref</sub> (0% de resíduo), T<sub>2</sub> (2% de resíduo), T<sub>4</sub> (4% de resíduo) e T<sub>6</sub> (6% de resíduo), conforme mostrado na tabela 1, sendo T<sub>ref</sub> o traço de referência (fabricado com matérias primas convencionais). O resíduo foi adicionado em substituição ao cimento

Como o cimento e a cal são os aglomerantes das argamassas usados neste trabalho, a massa de água foi variada para manter a relação água/aglomerante constante igual a 0,91, uma vez que a massa de cimento variou.

As misturas foram preparadas em um misturador do tipo Batedeira Eletrônica da marca EMIC modelo AG-5, Nº 1048, NS-111, com duas velocidades, conforme estabelecido na NBR 7215/1996.

### Determinação do índice de consistência e da resistência à compressão.

#### Índice de consistência

O ensaio para determinação do índice de consistência seguiu os procedimentos da ABNT NBR 13276:2002, utilizando a mesma quantidade de material utilizado no ensaio de resistência à compressão. Os materiais foram pesados na balança onde se procedeu a pesagem dos materiais para o ensaio de determinação da resistência à compressão.

A mistura foi preparada em um misturador do tipo Batedeira Eletrônica, a mesma que foi usada na preparação da mistura para determinação da resistência à compressão. Ao final de cada mistura de argamassa, foi executado o ensaio para determinação de sua consistência.

Foram moldados 3 corpos de prova para os traços T<sub>ref</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub>, totalizando 12 corpos de prova

#### Resistência à compressão

Para a realização destes ensaios foram preparados corpos-de-prova em moldes cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura de acordo com a ABNT NBR 13279:1995 e 7215: 2002. As misturas foram preparadas em um misturador do tipo Batedeira Eletrônica da marca EMIC modelo AG-5, Nº 1048, NS-

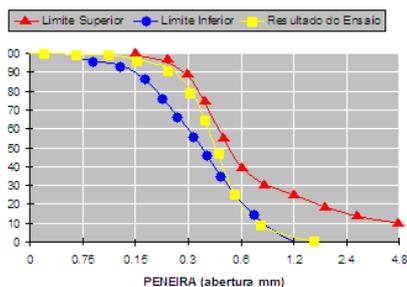


Figura 1 - Classificação granulométrica da areia.

111, com duas velocidades, conforme NBR 7215, (1996).

Foram produzidas misturas de areia e cal, que permaneceram em repouso por 24h. Após esse período foram determinados os teores de umidade das misturas e procedidas a preparação das argamassas com adição de cimento, manta cerâmica e água de amassamento.

Foram moldados 4 de corpos de prova para cada traço  $T_{ref}$ ,  $T_2$ ,  $T_4$ ,  $T_6$ , totalizando 16 corpos de prova. Os moldes receberam tratamento para que o material não aderisse às paredes da forma, guardando integridade dos corpos de prova desmoldados com 24h para cura. Os moldes metálicos permaneceram cobertos por uma placa de vidro a fim de evitar perda de água de amassamento.

Os corpos de prova foram ensaiados em máquina de compressão da marca WPM – VB – Werkstoffprüfmaschinen, com calibração executada pela Dinateste Ind. Com. Ltda (Certificada DNTT 7270/05) em 26/08/05. Os ensaios foram executados de acordo com a norma ABNT NBR 13279:1995.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos Materiais

De acordo com a análise do gráfico apresentado na figura 1 e pela ABNT, NBR 7217: 1982, o agregado ( areia) utilizado, define-se como sendo agregado miúdo de graduação fina, apresentando uma

% Resíduo	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média	D P
0	312	312	311	312	0,5 0
2	297	298	295	297	1,2 6
4	305	309	307	307	1,6 3
6	313	325	320	319	4,9 2

Tabela 2. Valores dos índices de consistência obtidos (mm).

granulometria com 100% das partículas abaixo de 1,2 mm.

Os limites de distribuição granulométrica para os agregados miúdos, segundo a NBR 7211, estabelecem as classificações dos agregados miúdos em função dos módulos de finura (MF) da seguinte forma:

$-2,20 < MF < 2,90 \rightarrow$  areia média;

– Origem aluvionar.

Os limites definem a granulometria máxima e mínima que o material pode ter para cada faixa do módulo.

### Análise da Determinação do Índice de Consistência

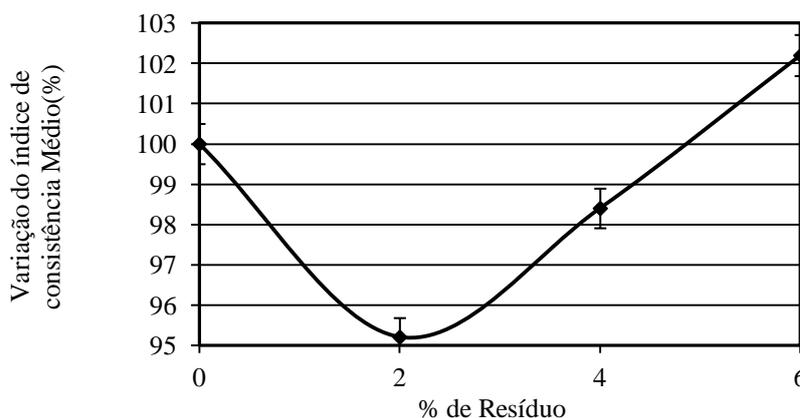


Figura 2 - Variação o valor médio do índice de consistência (%) em função do teor de resíduo adicionado.

$-1,5 < MF < 2,20 \rightarrow$  areia fina;  
 $-2,9 < MF < 3,5 \rightarrow$  areia grossa.

De acordo com o resultado da classificação granulométrica da areia, obtiveram-se as seguintes características do agregado:

- Módulo de finura= 2,02( agregado fino);
- Diâmetro máximo = 1,2 mm;
- Materiais pulverulentos = 0,44%;

A tabela 2 mostra os resultados das três medidas individuais, as médias e o desvio padrão (DP) dos ensaios realizados para determinação do índice de consistência para cada tipo de argamassa, e a figura 2 mostra o gráfico com a variação do valor médio do índice de consistência em porcentagem em função do teor de resíduo adicionado.

De acordo com a tabela e figura 2, o índice de consistência diminui 4,8% com a adição de 2% em massa do resíduo. A partir deste ponto o índice passa a aumentar, proporcionando maior trabalhabilidade. Mas mesmo assim com adição de 4% de resíduo, o índice de consistência ainda é 1,6% menor que do traço de referência. Somente com a adição de 6% em massa do resíduo em substituição ao cimento, é que o índice de consistência aumenta 2,2% em relação ao traço de referência. Este comportamento, está de acordo com Peruzzi(2002), que diz que a adição de qualquer tipo de fibra à argamassa ou ao concreto convencional reduz a sua trabalhabilidade. Porém á medida que vai aumentando a porcentagem de resíduo ocorre um aumento da relação água/cimento, como é mostrado na tabela 1, com a utilização do resíduo em substituição ao cimento, o que causa um aumento no índice de consistência da argamassa, e consequentemente uma melhor trabalhabilidade. Isto por que uma maior relação água/cimento implica em uma maior fluidez da mistura e consequentemente em um maior índice de consistência (Peruzzi 2002).

De acordo com a norma ABNT NBR 13276:2002, o valor de consistência padrão é de no mínimo 255 mm +/-10; portanto os valores de todos os índices de consistência obtidos estão dentro da norma.

### Análise da Determinação da resistência à compressão

A tabela 3 mostra os resultados de todos os testes para a determinação da resistência à compressão feitos, o valor médio e o desvio padrão (DP). Já a figura 3 mostra o gráfico com a variação do valor médio da resistência à compressão em porcentagem em

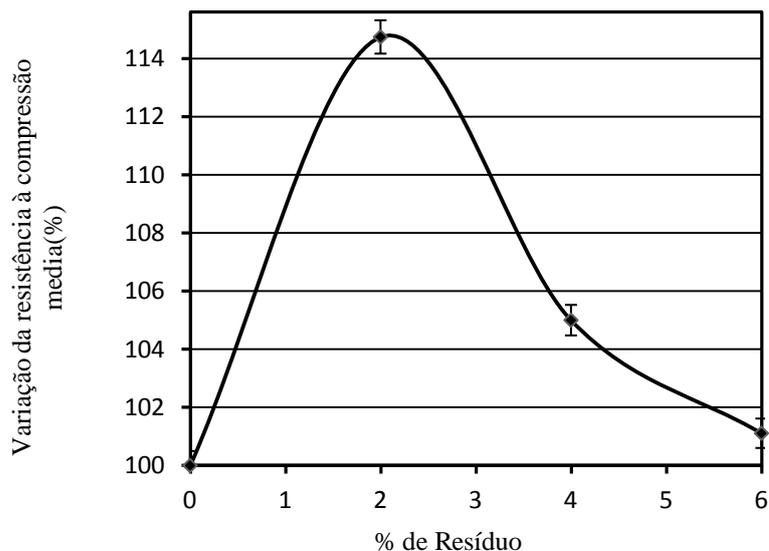


Figura 3. Variação do valor médio da resistência à compressão (%) em função do teor de resíduo adicionado.

Portanto, para a adição de 2% em

% Resíduo	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Média	DP
0	9,1	8,9	8,8	9,3	9,02	0,22
2	10,2	10,4	10,1	10,7	10,35	0,26
4	9,4	9,6	9,3	9,6	9,47	0,15
6	9,1	9,0	9,2	9,2	9,12	0,10

Tabela 3. Resultados dos ensaios de resistência à compressão (MPa)

adicionado.

De acordo com os dados apresentados, a média da resistência à compressão da argamassa teve um aumento nos corpos de prova de 14,74% que usaram 2% em massa do resíduo em substituição ao cimento em relação à argamassa sem adição de resíduo. Porém este aumento é de 5% na argamassa com 4% em massa do resíduo, e de somente 1% na argamassa com 6% em massa do resíduo, chegando a valores praticamente iguais às da resistência à compressão argamassa feita sem a adição de resíduo, com um valor somente 1,1% maior.

Isto pode ter ocorrido provavelmente, de acordo com Aïtcin (2000) e Grande (2003), devido ao fato do resíduo apresentar características físico-químicas semelhantes aos materiais pozolânicos, como citado anteriormente (Petrucci 1993).

massa do resíduo, possivelmente houve a combinação do resíduo com o hidróxido de cálcio e com os diferentes componentes do cimento, formando compostos estáveis (silicatos de cálcio hidratado), materiais estes mais resistentes e refinadores de poros que proporcionaram um aumento na resistência a compressão da argamassa (Petrucci,1993; Mehta, 1981; Ghrici, 2006).

Já para a adição de 4% e 6% em massa do resíduo, ocorreu uma diminuição maior da quantidade de cimento, uma vez que adição do resíduo era acompanhada por uma diminuição na quantidade de cimento na mesma proporção. Isto pode ter feito com que o aumento na resistência a compressão da argamassa, devido às características pozolânicas do resíduo, fosse anulada pela diminuição da quantidade de cimento, que tem

propriedades aglomerantes.

Devido a isto, os produtos de sua hidratação formam complexos hidratados que também causam um aumento na resistência a compressão da argamassa (Aïtcin,2000;Grande,2003).

Provavelmente, a resistência aumentaria caso a quantidade de cimento não fosse alterada e fossem adicionados os mesmos valores de resíduo. Porém todas as argamassas produzidas estão dentro da Norma ABNT NBR 13279:1995 e estão de acordo com os resultados encontrados na literatura (Petrucci,1993; Santos 2010; Araújo, 2004).

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições experimentais do presente trabalho possibilitam as seguintes conclusões:

-A adição do resíduo de manta cerâmica em argamassa proporcionou um aumento da resistência à compressão dos corpos de prova com a utilização do resíduo em substituição ao cimento em comparação com uma argamassa padrão, da seguinte forma:

- aumento de 9,02 MPa para 10,35 MPa, (14,78%), para utilização de 2% do resíduo, sendo este o melhor resultado obtido;

- aumento de 9,02 MPa para 9,47 MPa,(5%), para utilização de 4% do resíduo;

- aumento de 9,02 MPa para 9,12 MPa,(1%), para utilização de 6% do resíduo.

-O índice de consistência das argamassas variou de diferentes maneiras com a adição do resíduo, em relação a argamassa padrão, se comportando da seguinte forma:

- diminuição de 312 mm para 297 mm, (4,8%), para utilização de 2% do resíduo,

- diminuição de 312 mm para 307 mm, (1,6%), para utilização de 4% do resíduo,;

- aumento de 312 mm para 319 mm, (2,2%), para utilização de 6% do resíduo, sendo este o maior valor do índice de consistência.

-Todos os valores obtidos para o índice de consistência estão de acordo com a norma ABNT NBR 13276:2002.

## BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR 7217: Determinação da composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_ NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. 2005.

\_\_\_\_ NBR 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. 1996.

\_\_\_\_ NBR 12653 – Materiais pozolânicos. 1992.

\_\_\_\_NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo de mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.

AGUNA,O.L.,ALMARAZ,J.S. Reciclado de resíduos sólidos urbanos. Revista de Plásticos Modernos, v. 1, n. 36, (1978), p.491-498.

AÏTCIN,P.C.Concreto de Alto Desempenho. 2ª Edição, Editora Pini, São Paulo, 2000, 274p.

ARAÚJO JÚNIOR, J.M. Contribuição ao estudo das propriedades físico-

mecânicas das argamassas de revestimento. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

GHRICI M., KENAI, S. MEZIANE, E. Mechanical and durability properties of cement mortar with Algerian natural pozzolana J Mater Sci. 41:6965–6972. 2006.

GRANDE, F.M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Departamento de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A.; SILVA, M.G. Cinzas e aglomerantes alternativos. In: Wesley Jorge Freire e Antônio Ludovico Beraldo. Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas: Editora Unicamp. 2003.

LEA, F.M. The chemistry of cement and concrete. 3ª Edition. Chemical Publishing Company Inc. 1971.727p.

MA, Y.; ZHU, B.; IAN, M. Properties of ceramic fiber reinforced cement composites – Cement and Concrete Research, State Key Laboratory of Concrete Materials Research. Tongji University, 2004.

MEHTA, K.; MONTEIRO, P. Concreto. Propriedades, microestrutura e materiais. São Paulo: Ibracon, 2008.

MORGANITE LTDA. Contém informações institucionais, técnicas, e serviços. Disponível em: <<http://www.morganitethermal.co.m.br>> Acesso em: 11 de novembro 2009.

PERUZZI, A.P. Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento portland modificada com látex e adição de

sílica ativa. 2002. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Departamento de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PETRUCCI, E.G.R. Materiais de Construção. Porto Alegre: Ed. Globo, 1993.

UNIFRAX BRASIL LTDA. Contém informações institucionais, técnicas, e serviços. Disponível em: <<http://www.unifrax.com.br>> Acesso em: 11 de novembro 2009.

SANTOS, M.L.L.O. Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil. Tese (Doutorado) – UFRN, Natal, 2008.

# Avaliação das Relações Sociais em Redes de Políticas Públicas para Consolidação de Programas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos: um estudo aplicado sobre o Programa “Lixo que Não é Lixo” de Curitiba<sup>1 2</sup>

## RESUMO

A prefeitura municipal de Curitiba desenvolveu uma rede de políticas públicas no âmbito do programa "Lixo não é lixo" para sensibilizar e co-responsabilizar a população com a coleta seletiva. O objetivo foi avaliar as relações sociais em redes de políticas públicas para consolidação do programa de gestão de resíduos sólidos urbanos "Lixo que não é Lixo" implantado em Curitiba. Foi realizada uma pesquisa aplicada, de análise quantitativa, com amostra não intencional. Os resultados mostraram que a falta de continuidade da ação pública para manter a sensibilização e o interesse da comunidade pelo projeto foi o principal responsável pela redução dos resultados produzidos nesta rede.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redes Sociais; Rede de Políticas Públicas; Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos; Curitiba/Brasil.

## ABSTRACT

The city government of Curitiba developed a network of public policies under the program "Lixo não é lixo" to raise awareness and co-responsibility with the selective collection. The objective was to evaluate the social relations in public policy networks to consolidate the management program of municipal solid waste "Lixo não é lixo" implanted in Curitiba. We conducted applied research, quantitative analysis, with sample unintentional. The results showed that the lack of continuity of public action to maintain awareness and interest of the community by the project was primarily responsible for the reduction of the results of this network.

**KEYWORDS:** Social Networks, Public Policy Network, Management of Municipal Solid Waste, Curitiba / Brazil.

## Christian Luiz da Silva

Economista, doutor em engenharia de produção e pós-doutor em administração pela Universidade de São Paulo; professor do programa de doutorado em Tecnologia e coordenador do programa de planejamento e governança pública da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); pesquisador do CNPq e da Fundação Araucária.

E-mail:  
christiansilva@utfpr.edu.br

## Harry Alberto Bollmann

Engenheiro, doutor em engenharia e professor do doutorado em gestão urbana da PUCPR.

E-mail:  
harry.bollmann@pucpr.br

<sup>1</sup> Este artigo é resultado do projeto de pesquisa "Instituições, Políticas Públicas e Desenvolvimento", que teve o apoio financeiro dos Editais Universal CNPq 2009, Chamada de Projetos da Fundação Araucária e Edital de CSA CNPq/ Capes 07/2011 e Programa de Educação Tutorial em Políticas Públicas.

<sup>2</sup> Desejamos agradecer o apoio da pesquisadora Manon Garcia por sua ajuda na aplicação do questionário.

## INTRODUÇÃO

São poucos os programas e políticas públicas que podem completar a maioria (18 anos). O Programa “Lixo que não é Lixo” de Curitiba iniciou em 1989 e em 2007, ainda ativo, estava presente na memória e no cotidiano de muitos curitibanos. A dinâmica e história do programa se entrelaçam com o amadurecimento da cidade como uma posição de destaque por práticas urbanas e ambientais símbolos de um crescimento estruturado. Após este período, muitas práticas se transformaram em ações de *marketing* ao invés de sustentar um processo de desenvolvimento local. O programa “Lixo que não é Lixo” tratava especificamente da gestão de resíduos e, a partir da ação publicitária e da coleta seletiva, procurava sensibilizar a sociedade sobre a necessidade de se preocupar com o meio-ambiente com ações simples como coleta seletiva.

A preocupação e vinculação do curitibano com a cidade foram elementos que permitiram constituir naturalmente uma rede social. A vigilância e a preocupação com a coleta seletiva se constituíram elementos de conexão entre os curitibanos em suas diversas relações ao compartilharem espaços e resíduos. A coleta seletiva representada por caminhões especiais, com aviso sonoro ao passar pelos locais de coleta, se transformou em um som característico nas ruas de Curitiba.

Em 2000, as ações de *marketing* tiveram a externalidade negativa de migração desordenada, por ter sido incentivada pela falta de oportunidade no interior do estado e não por uma política de atração de mão-de-obra. Enquanto a taxa de crescimento populacional na década de 1990 foi 1,9%, de 2000 a 2001 cresceu 3,2% (IPARDES, 2007). Com isso, novos atores entraram na rede e com novas funções. O aumento da

migração de cidades do interior e de outros estados incrementou a população relacionada com o programa de duas maneiras: primeiro, houve o aumento da população que não tinha incorporada a cultura curitibana da coleta seletiva; segundo, houve também o aumento de pessoas sem oportunidade de emprego que migraram para coleta seletiva passando a coletar o lixo reciclável para vendê-lo, principalmente o papel, papelão e alumínio. Estas pessoas passaram a ser conhecidas como carrinheiros. Desta forma, a coleta deixou de ser feita somente pela prefeitura. O crescimento da migração de trabalhadores também foi intenção e ao mesmo tempo o *marketing* do Programa arrefeceu assim como seus resultados, que era o aumento da coleta de reciclados e diminuição do total de resíduos depositados no aterro. A rede começou a se desestruturar e o sentimento de pertencimento dos curitibanos diminuiu.

A questão, contudo, é relativa aos motivos da variabilidade desta rede social para uma ação pública. Neste sentido, os questionamentos se posicionam entre as relações na rede e/ ou da rede. Qual a importância das redes sociais para consolidação de programas públicos de gestão de resíduos? Qual importância do governo municipal para consolidação de uma rede de política pública de gestão de resíduos? A efetividade de um programa de gestão de resíduos é influenciada pela consolidação de uma rede de política pública? Aqui, se trata como efetividade do programa de ação pública a gestão dos resíduos como o incremento da coleta seletiva sobre o total de resíduos gerados e coletados.

A partir desse argumento aplicado a redes de políticas

públicas<sup>3</sup>, a hipótese deste artigo é que o fortalecimento e a consistência da rede dependem das interações sociais e da capacidade de compreensão de cada indivíduo no processo de constituição e implementação da ação pública. Este fato está relacionado aos motivos que levaram cada indivíduo a compor a rede, a sua percepção e interesse de continuar na mesma, o nível de informação e as características de cada ator.

O objetivo foi avaliar as relações sociais em redes de políticas públicas para consolidação do programa de gestão de resíduos sólidos urbanos “Lixo que não é Lixo” implantado em Curitiba.

Neste aspecto, fez-se uma pesquisa representativa da população curitibana a fim de avaliar sobre a continuidade do programa e a percepção individual de interação e importância social para a efetividade do mesmo após 18 anos de implantação do programa. Trata-se de uma pesquisa aplicada, com tratamento de dados quantitativos e análise teórico-empírica dos dados. Considerou-se a própria população, representativa estatisticamente, como a delimitação da rede no caso estudado por tratar-se de uma política pública municipal com escopo no ambiental, com envolvimento de toda a comunidade, sem grupos característicos ou amostras delimitadas relevantes que expressam a mesma percepção e constituição de rede. Com isso, entra-se nos casos particulares (HANNEMAN, 2000).

---

<sup>3</sup> Entende-se por rede de políticas públicas a existência de padrões mais ou menos estáveis de relações sociais entre atores interdependentes, que tomam forma em torno de problemas ou programas políticos (KLIJN, 1998, p. 34) – tradução livre. Cabe destacar, contudo, que uma revisão teórica sobre o tema será objeto da seção 1.

Este artigo está organizado em quatro seções. A próxima seção trata teoria sobre redes de políticas públicas e a importância das relações sociais no processo de constituição e fortalecimento dessas redes. A segunda seção especifica a metodologia da pesquisa e a terceira seção analisa os resultados. As considerações finais e proposições de novos trabalhos é o tema da quarta seção.

## 1. AS RELAÇÕES SOCIAIS NAS REDES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

As redes de políticas públicas parte da base de relação entre Estado e sociedade para sustentar a sua construção e tornar relativa sua efetividade a partir de como esta rede constitui a política (KLIJN, 1998). O autor anteriormente citado conceitua as redes de políticas públicas como “... patrones más o menos estables de relaciones sociales entre actores interdependientes, que toman forma en torno a problemas y/o programas políticos”<sup>4</sup> (KLIJN, 1998, p. 34).

Em outro extremo, Streck (2005) conceitua as redes globais de políticas públicas como uma alternativa recente ao sistema de governança global, muito mais articulado entre o setor público, sociedade civil e empresariado. Essa rede teria como características: a diversidade, por sua constituição trilateral; a abertura e flexibilidade, por ser adaptável a um meio ambiente em constante mutação; rapidez, por ser capaz de

desencadear “efeitos de reputação” rapidamente; delegação e legitimidade, por conseguir transmitir métodos políticos eficientes aos níveis de governança. Essas redes teriam a função de estabelecer uma agenda de discussão internacional, padronizar, gerar e difundir conhecimento. Trata-se, contudo, de uma esfera de rede pública vinculada a relações pessoais e institucionais que extrapolam realidades locais, e por isso não serão considerados para análise.

Como cita Schneider (2005, p. 38) “redes de políticas públicas incorporam assim muitos atores distintos de diferentes sub-setores sociais e políticos no contexto de produção de uma política”. Assim, uma característica de rede de política pública seria a grande variedade de atores e metas.

Cada ator tem a sua própria meta e estratégia e a partir da interação de grande grupo de atores se constitui uma política. Esta é o resultado desse processo de interação com metas e estratégias confluentes entre os atores, mas não a partir de um ator central específico (KLIJN, 1998).

Por isso, Shneider (2005, p. 37) argumenta que a produção de políticas públicas, a problematização e o processamento político de um problema social são organizados em redes, nas quais estão envolvidas organizações tanto públicas quanto privadas. Marques (2006) caracteriza que a rede de políticas públicas é oriunda de relações pessoais, mais permanentes e menos orientadas a resultados específicos (KNOKE *et al.*, 1996; PAPPI E HUCKFELDT, 1996; PAPPI, 1996), a partir de canais de influências baseados em relações entre organizações e não entre indivíduos.

Isso não significa que os atores não sejam relevantes no processo de análise, ao contrário. Sendo a rede a interação desses atores, a sua mudança, quando

sentida pela rede, pode mudar as metas e estratégias de coalizão dos indivíduos. Desta forma, Marques (2006, p. 21), observando o caso brasileiro, diz que a unidade básica das relações e das ações são os indivíduos e não as organizações, em razão da baixa institucionalização de inúmeros procedimentos no funcionamento da administração pública, diferentemente dos países desenvolvidos em que a organização ocupa papel central na definição de políticas (KNOKE *et al.*, 1996; SCHNEIDER, 2005). Porras (2003) também ressalta o aumento do peso dos componentes individuais e coletivos em detrimento as instituições políticas para a governabilidade das sociedades.

Ao explicar o êxito da política ambiental japonesa, que obteve períodos de crescimento econômico aliado a redução da poluição no pós-segunda guerra, Broadbent (1998) conclui que os japoneses mobilizaram uma rede informal de opositores a poluição que influenciaram na elaboração de uma legislação vaga, com a intenção de usar a força dessa rede para interpretação desta lei. Assim como Marques (2006) para o caso brasileiro, Broadbent (1998) mostrou que a relação pessoal torna-se muito mais participativa e consolidadora de uma política pública em situações ou locais em que existem dificuldades institucionais de estabelecer o objetivo de coalizão da rede.

Assim, tanto em Broadbent quanto em Marques a relação de interdependência da rede informal com o Estado se constitui em fator relevante para consolidação das políticas. Marques (2006, p. 23) exemplificou para o caso brasileiro, que “as redes estruturam o interior do Estado, mas a sua maior ou menor mobilização ou influência é produto de decisões de governo”. O governo alimenta esta rede por meio do fortalecimento e estímulo

<sup>4</sup> “... padrões mais ou menos estáveis de relações sociais entre atores interdependentes, que tomam forma em torno de problemas e/ ou programas políticos” (TRADUÇÃO LIVRE) – original em (KLIJN, 1998, p. 34).

individual com relação ao motivo que estabelece a relação entre os atores. Continua dizendo que embora

*“as redes sejam fortemente inerciais e path dependent, as escolhas estratégicas dos atores podem buscar formas de contorná-las, se isso lhes parecer necessário para alcançar seus objetivos. Em suma, podemos afirmar que as redes representam estruturas sociais que introduzem estabilidades, embora essas não determinem os resultados da (na ou) política, razão pela qual devemos articular analiticamente as dimensões ressaltadas (...) atores, instituições e redes” (MARQUES, 2006, p. 23).*

Marteletto e Oliveira e Silva (2004, p. 42), reforçam que “as pessoas vivem em redes de dependência, difíceis de serem rompidas. Essas redes são diferentes em cada sociedade. O modo como o indivíduo se comporta é determinado por suas relações passadas ou atuais com as outras pessoas. E a interdependência das funções humanas sujeita e molda, de forma profunda, o indivíduo”. A articulação dessa relação estrutura a rede e a constitui em um elemento organizador dos interesses individuais em coletivos. Essa articulação torna-se, portanto, fundamental para consolidação e fortalecimento de redes públicas, tendo o governo papel determinante nesse processo, a partir da interdependência dos atores (KLIJN, 1998, p. 34).

Como salienta Marteletto (2001), os indivíduos organizam suas ações em espaços políticos, mesmo nascendo em uma esfera informal das relações sociais, com efeitos percebidos nas interações com o Estado, a sociedade ou outras instituições representativas. Ou seja, “as decisões micro são influenciadas pelo macro, tendo a rede como intermediária” (MARTELETO, 2001, p. 72).

O comportamento do indivíduo é afetado por sua interação com o meio, ressaltando as limitações ambientais sobre o comportamento. Caballo (1999) assinala que a perspectiva contextual em psicologia está associada à hipótese básica que os fenômenos psicológicos deveriam ser considerados em relação aos meios espaciais, temporais e sócio-culturais nos quais ocorrem. Ou seja, a alteração desses meios leva a um novo contexto, uma nova interação e um novo comportamento do indivíduo.

A compreensão desse contexto torna-se essencial para avaliar a constituição de uma rede e dos laços que a tornam existentes. Por exemplo, a maior conscientização ambiental após a década de 1970 tornou o movimento em prol da readequação e respeito da relação entre o homem e a natureza mais forte e permitiu que novas relações e redes se constituíssem a partir de um objetivo (SILVA, 2005). Se houver uma nova mudança na percepção sobre a relação do homem com a natureza essa rede também se alterará e poderá evoluir a rede existente ou destituí-la e formar outra. Esse caso seria uma mudança de comportamento estrutural por um novo contexto.

Contudo, as alterações de comportamento podem ocorrer também por situações específicas. Endler (1981, p. 364) diz que “ambiente é o contexto ou o ‘pano de fundo’ geral e persistente no qual ocorre o comportamento, enquanto a situação é o ‘pano de fundo’ momentâneo e passageiro. Os estímulos podem ser contextualizados como elementos dentro de uma situação”.

O papel de organização e desenvolvimento da rede pública por parte do Estado é um estímulo que busca tornar aquela situação em algo permanente e, efetivamente, uma mudança de comportamento para fortalecimento da rede. A

definição do estímulo e da situação analisada depende, contudo, da definição do problema. Por exemplo, se não há a coleta seletiva de reciclados por falta de hábito da população, estimulá-los com este objetivo a fim de estabelecer uma rede em prol desse objetivo teria um resultado duradouro se fosse efetivo. Caplan e Nelson (1973) enfatizam a necessidade de estabelecer exatamente o problema, para depois analisar a situação, planejar alguma intervenção ou ação (estímulo) para tentar modificar o comportamento do indivíduo em um determinado contexto.

O’Donnell e Tharp (1982) relacionam o contexto ambiental com a influência das redes sociais e dizem que estas influenciam em um amplo leque de problemas comportamentais. Conceituam redes sociais como “estrutura das relações sociais entre unidades habitualmente individuais, grupos ou instituições” (O’DONNELL e THARP, 1982, p. 305). Segundo os autores, as intervenções sobre as redes sociais podem ser realizadas por novos programas dentro da estrutura existentes, criando-se estruturas alternativas ou modificando a estrutura existente. Isso significa que para redirecionar o comportamento dos indivíduos na rede há que se intervier na estrutura da mesma ou criar outra rede. Tais fatores podem ocorrer por meio de mecanismos de produção de políticas públicas que intervenham no comportamento individual e o estimulem a constituir uma rede para aquele fim.

A motivação para constituição da rede pode, portanto, ser estimulada ou espontânea. Se espontânea pode ainda ser modificada. Os indivíduos interagem com o meio, delimitam seu comportamento, e participar, direta ou indiretamente, da constituição de políticas que podem, inclusive, influenciá-los e modificar seus comportamentos novamente. A estrutura das relações sociais afeta o

contexto dessas relações, a questão é o que influencia os indivíduos (REQUENA, 2003). Em realidade podem ser novas situações e ambientes desenvolvidos a partir das interações e que extrapola o comportamento individual.

De qualquer forma, observar as relações na rede torna-se determinante para conhecer a sua estrutura, como fortalecê-la ou constituí-la por novos estímulos ou intervenções, e para avaliar a efetividade das políticas públicas. Para se definir essa efetividade deve-se, então, compreender a percepção dos indivíduos na rede, os fatores que os levaram para participar da mesma e os motivos que os levam a ampliar ou reduzir a sua participação. A definição de um padrão comportamental, nos moldes de Klijn (1998), permitirá estabelecer a intervenção necessária, como estabelecido por O'Donnell e Tharp (1982). Esse padrão comportamental será tratado no caso do programa "Lixo que não é Lixo" a partir do estudo empírico realizado.

## 2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Como expresso na introdução, essa pesquisa busca avaliar a constituição e o fortalecimento de uma rede de política pública, a partir da hipótese de relação dos motivos que levaram cada indivíduo a compor a rede, a sua percepção e interesse de continuar na mesma, o nível de informação e as características de cada ator. Trata-se de uma pesquisa aplicada, com tratamento de dados quantitativos e análise teórico-empírica dos dados. (GIL, 1999; YIN, 2004).

Os autores realizaram uma pesquisa semi estruturada, com questões abertas e fechadas, sobre a percepção dos cidadãos em relação ao programa "Lixo que não é Lixo", após 18 anos de implementação do

Assuntos relacionados a Hipótese de Pesquisa	Questões	Base Teórica
Motivos para estabelecer a rede	11, 14 a 16	O'Donnell & Tharp (1982); Klijn, 1998; Schneider (2005); Broadbent (1998); Marques (2006); Caplan e Nelson (1973);
Percepção e interesse dos participantes pela rede	12, 18, 19, 20 e 21, 22	Marques (2006); Knoke et al., 1996; Pappi e Huckfeldt, 1996; Pappi, 1996; Porras (1XXX); Requena (2003).
Motivos para fortalecimento da rede	14 a 16, 20 e 21	Materleto & Oliveira e Silva (2004); Marteleto (2001); Caballo (1999); Endler (1981); Caplan e Nelson (1973); O'Donnell & Tharp (1982);
Nível de informação dos participantes	12 e 13, 17, 23 e 24	Materleto & Oliveira e Silva (2004); Marteleto (2001); Klijn (1998)
Características socioeconômicas culturais dos participantes	1 a 5; 7 e 8, 17, 23 e 24	-
Dados e critérios para análise	6, 9 e 10	-

Quadro 1 – Estrutura e fundamentação do questionário aplicado

programa, que iniciou em 1989. A pesquisa foi realizada com uma amostra estatisticamente válida da população curitibana acima de 15 anos, que é 1,367 milhão, a 5% nível de confiança e 7% de desvio, totalizando uma amostra mínima de 197 pessoas. Obteve-se, contudo, 233 respostas válidas.

Os questionários foram enviados e recebidos pela *internet*, a partir de uma distribuição aleatória. Durante 20 dias de pesquisa, entre dezembro de 2007 e janeiro de 2008, foram distribuídos 300 questionários e coletados 235, sendo apenas dois descartados por preenchimento equivocado. O pré-teste foi feito em dezembro de

2007, em locais distintos de Curitiba, com pessoas de nível socioeconômico diferenciados, buscando-se avaliar a compreensão do entrevistado em relação às perguntas, bem como da plenitude de informações mínimas de coleta para responder o objetivo proposto neste artigo.

Após recebimento dos questionários devidamente respondidos, estruturaram-se as informações, codificando cada resposta e procedeu-se a análise das hipóteses estabelecidas. A compreensão dessas relações permitiu melhor compreensão dos resultados e das hipóteses adotadas

para que se pudesse proceder à análise.

Além de um grupo de perguntas referentes aos dados e critérios para análise, as questões envolveram cinco assuntos relacionados à hipótese de pesquisa, quais sejam: motivos para estabelecer a rede; percepção e interesse dos participantes pela rede; características socioeconômicas culturais dos participantes; nível de informação dos participantes; motivos para fortalecimento da rede – Quadro 1.

A partir dessas questões pretendeu-se responder e avaliar as características individuais relacionadas aos tópicos que compunham a hipótese de pesquisa. Partiu-se do argumento de Bonet (2006, p. 4), ao dizer que *“a partir del estudio de los patrones de regularidad en las relaciones que configuran la estructura de una red podemos alcanzar una mayor comprensión de los actores que intervienen en la misma”*<sup>5</sup>. Os padrões de regularidade foram verificados para compreender, por exemplo: quais os motivos para inserção do indivíduo na rede; se a sua percepção sobre a tendência da rede está relacionada ao seu nível de informação, formação e renda; avaliar se os participantes conhecem o programa tem uma noção um mesmo comportamento de resposta sobre a situação dele atualmente; se há uma noção clara da sua função na rede e da importância da sua ação para o meio-ambiente a gestão de resíduos; verificar a percepção dos indivíduos quanto à governança e prioridade de ação proposta pelo programa,

<sup>5</sup> “a partir dos padrões de regularidade nas relações que configuram a estrutura de uma rede podemos alcançar uma maior compreensão dos atores que intervêm na mesma” (TRADUÇÃO LIVRE) – original (BONET, 2006: p. 4).

relacionando os objetivos pessoais com os da rede e verificar se houve uma alimentação contínua de informações sobre o programa para inserção e manutenção do indivíduo na rede.

Essas questões e orientações de discussões sobre padrões de regularidade permitiram estabelecer um conjunto de informações, contextualizado pelas transformações socioeconômicas do município e a dinâmica do programa, para compreender a influência das relações humanas no estabelecimento da rede pública e sua efetividade por meio do Programa “Lixo que não é Lixo”.

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise da constituição e do fortalecimento da rede política pública ambiental a partir do programa “Lixo que Não é Lixo”, utilizando-se da metodologia descrita, procede-se em duas etapas: primeiro, apresenta-se o programa e seus resultados, com objetivo de caracterizar a formação da rede e explicitá-lo com as características condicionantes como tal; a segunda parte trará o resultado da pesquisa de campo, com intuito de testar e validar a hipótese deste trabalho.

#### 3.1. Programa “Lixo que Não é Lixo”

O programa Ambiental de Coleta Seletiva e Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos, denominado “Lixo que não é Lixo”, proporcionou a Curitiba o prêmio “Curitiba – Capital Ecológica”, conferido pela Organização das Nações Unidas (ONU), em setembro de 1990. O prêmio foi entregue ao então prefeito em exercício, Jaime Lerner, durante a realização do Congresso Mundial de Governos Locais para um Futuro Sustentável, em Nova Iorque, EUA.

O programa foi pioneiro no Brasil e apresentou uma proposta de solução para as quase 700 toneladas

diárias de lixo domiciliar em de Curitiba. A prefeitura Municipal da cidade apresentou a população, um programa de reciclagem de lixo urbano que contava com a participação da população, geradora do lixo, no processo de separação do lixo reciclável do não reciclável. A partir daí, a coleta do lixo reciclável seria realizada, nos quase 320 mil domicílios iniciais, de forma diferenciada pela limpeza pública do Município, com caminhões específicos em dias e horários pré-definidos e destino diferenciado para o lixo não reciclável.

O grande desafio da prefeitura, no lançamento do programa ambiental, era modificar a cultura e o hábito de uma população em relação aos resíduos gerados, buscando o comprometimento e mobilização de todos com a questão do meio ambiente e divulgando a cultura ecológica por meio da educação ambiental.

Segundo o prefeito do município Rafael Greca (1993), sucessor do governo que implantou o programa em sua gestão, “separar e trocar o lixo é mais que um programa ambiental, é uma atitude e um ato de cidadania”. Ele aposta na Educação Ambiental para garantir o sucesso do programa. (DIÁRIO POPULAR, 1993, p. 62).

Para a viabilização do lançamento do programa ambiental, a prefeitura adotou as ferramentas estratégicas do marketing ecológico. Em parceria com uma agência de marketing montou uma campanha de conscientização ecológica que demonstrava a necessidade de cada cidadão em mudar seus hábitos em relação aos seus resíduos e também o funcionamento das etapas do programa.

A campanha promocional do programa “Lixo que não é Lixo” foi inovadora e criativa, segundo o prefeito Jaime Lerner (1998) e motivou a população a separar o lixo. O slogan desenvolvido para o programa: SE-PA-RE, convidava a população a separar seus detritos. O

cartunista Ziraldo criou a Família Folhas, personagens símbolos do programa que ajudaram a ilustrar as cartilhas, folhetos e cartazes que eram entregues a população e, em especial o público infantil. Para a coleta diferenciada foi adotado um caminhão verde com um sino, referencia forte que permanece até fins da década de 2000, como sinônimo do programa Lixo que não é Lixo. (O ESTADO DO PARANÁ, 11/02/1998, p. 14). Além desses canais de comunicação a prefeitura investiu em propaganda e publicidade através de rádio, jornal e televisão. (FOLHA DE LONDRINA, 18/11/1994).

Para montar a estrutura de coleta e separação do material e incentivar a separação domiciliar do lixo com campanhas educativas, a prefeitura investiu grandes recursos e operou com saldo negativo por um bom tempo, conforme afirma Nicolau Kluper, assessor do prefeito Jaime Lerner, durante o governo de 1992, e responsável pelo Lixo que não é Lixo. Para Kluper, o aspecto aritmético e financeiro do programa nunca preocupou o governo. Segundo ele, o objetivo não era lucrar com a separação do lixo, mas obter vantagens através do programa em questões como a preservação do meio ambiente e o processo de educação ambiental da população. (GAZETA DO POVO, 19/07/1992).

Em 1989, quando foi lançado, eram recolhidas por dia 14 toneladas de lixo reciclável. No ano seguinte, foram recolhidas 17 toneladas diárias em 1994 foram recolhidas 35 toneladas/dia. Do início do programa até 2008, a prefeitura já recolheu 196 mil toneladas de lixo reciclável. Conforme registro do departamento de limpeza pública do município, o ano de 1998 teve o maior registro de coleta: foram 59 toneladas de lixo recolhidos diariamente, totalizando no ano 17 mil toneladas. A partir desta data, a quantidade coletada está reduzindo. Todo o lixo

reciclável recolhido vai para a Usina de Reciclagem, mantida pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) e Fundação de Ação Social (FAS). Na usina todo o lixo é e comercializado por empresas recicladoras e sucateiros.

Após 10 anos do programa, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente, em 1999 divulgou seus resultados e apresentou os benefícios ambientais gerados: foi evitado o corte de 770 mil árvores, resultando em uma economia de 1,1 milhão de metros cúbicos de água; diminuição da extração de bauxita pela reutilização do alumínio coletado, representando uma economia de 270.161 MW/hora. Na questão social, foram gerados 3.370 empregos diretos, além dos indiretos que não podem ser dimensionados. (O ESTADO DO PARANÁ, 24/10/1999).

Além dos benefícios ecológicos, o programa “Lixo que não é Lixo” promoveu outros programas ambientais de cunho econômico. O Câmbio Verde, por exemplo, instituído em 1991, consiste na troca de material recicláveis por alimentos. Além deste, há também o Câmbio Escola, que troca material reciclável por materiais escolares.

A cidade de Curitiba, reconhecida como capital ecológica pela ONU, após os resultados expressivos do programa de coleta seletiva de lixo, “Lixo que não é Lixo”, nos últimos anos não teve grandes investimentos. Conforme dados do departamento de Limpeza Pública do município, o volume coletado caiu gradativamente, ano a ano, em 1999 coletaram-se 55 toneladas, e em 2005 foram 25 toneladas apenas (SMMA, 2008). Para o governo, a redução é fruto da falta de impulso do programa, podendo até gerar o esquecimento do mesmo pela população; além, do aumento de entrada de outras pessoas vindas de outras regiões desabitadas com a prática da separação do lixo.

Um novo estímulo ao programa ocorreu em 2006, com o lançamento de uma nova campanha, que objetivou reforçar o envolvimento da população no programa. Esta campanha incluiu novos personagens, representados pelas cores do padrão internacional de separação de lixo: azul, vermelho, amarelo e marrom. Além dos personagens, foram utilizados um *mix* de peças publicitárias constituídas de spots para TV e rádio, anúncios para revistas e jornais, mobiliário urbano, *busdoor*, cartilhas e *folders*. O caminhão de coleta também ganhou uma nova identidade visual, mantendo o sino, por ser considerado um símbolo da presença do caminhão de coleta de recicláveis. O objetivo da campanha era transmitir mensagens sobre a importância da separação do lixo para a economia dos recursos naturais. (JORNAL DO ESTADO 11/03/2006, pg. b2).

Conforme dados da Limpeza Pública do município, no ano seguinte ao lançamento da nova fase da campanha – em 2007, o volume de lixo coletado aumentou em 18% alcançando os mesmos níveis de 1996. Ou seja, os resultados ainda estão aquém do desejado e há muito que fazer para reestabelecer a rede social em prol dessa política pública. (JORNAL DO ESTADO, 12/03/2006, p. b2).

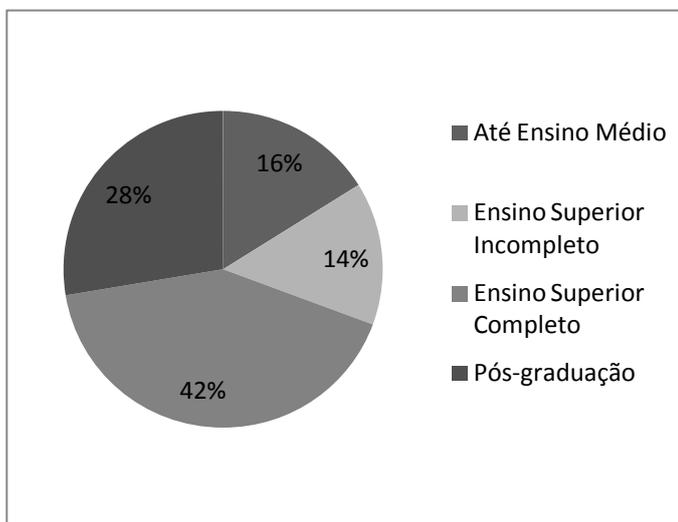


Gráfico 1 – Grau de escolaridade dos entrevistados

Tabela 1 – Perfil dos entrevistados – renda e faixa etária

Idade/ Renda	Até R\$ 760	Entre R\$ 761 e R\$ 1900	Entre R\$ 1901 e R\$ 3800	Entre R\$ 3801 e R\$ 7600	> R\$ 7600	TOTAL IDADE
< 25 anos	6%	11%	3%	1%	1%	20%
Entre 25 e 40 anos	1%	24%	22%	3%	4%	53%
Entre 41 e 60 anos	2%	3%	7%	7%	2%	20%
Acima 60 anos	3%	1%	2%	2%	1%	8%
TOTAL RENDA	11%	38%	33%	11%	7%	100%

### 3.2. Resultado da Pesquisa

Apesar de apenas 62% dos respondentes terem nascido em Curitiba, a grande maioria (95%) residia em Curitiba no período de interesse à pesquisa (questões 5 e 6, respectivamente). Além disso, todos os entrevistados conheciam o programa “Lixo que não é Lixo” e 91% afirmam participar do programa (pertencerem a rede) – questões 9 e 10. A maioria dos respondentes (85%) possui mais de 25 anos de idade (53% deles têm idade entre 25 e 40 anos). Para os propósitos desta pesquisa, este fato é importante na medida em que indica um maior amadurecimento da população respondente, e a possibilidade de uma percepção mais profunda e elaborada de sua relação com o programa de reciclagem. Cabe salientar que 82% dos entrevistados possuía renda mensal até R\$ 3,8 mil (a preços de 2008) – TABELA 1.

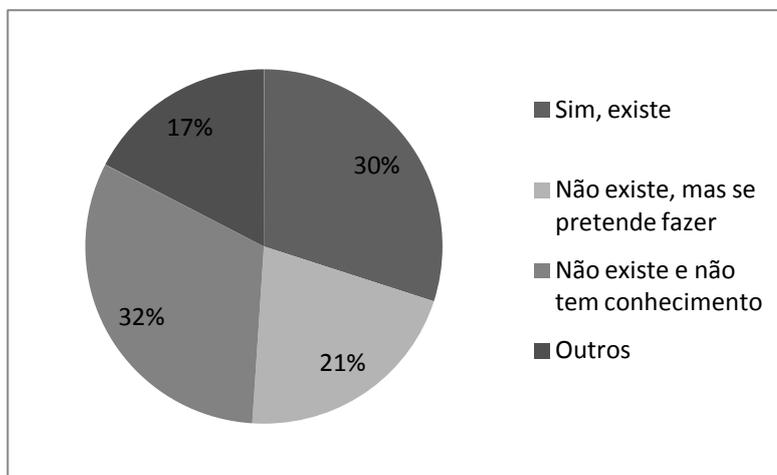


Gráfico 2 – Conhecimento sobre existência de legislação sobre disposição de resíduos

Essa hipótese é reforçada pela grande literacidade dos respondentes. Todos têm ensino fundamental completo, sendo que 93% têm o ensino médio completo, enquanto que 67% têm ensino superior completo (GRÁFICO 1).

O grau de educação formal dos entrevistados reflete a percepção sobre a importância dos respondentes em relação ao programa de reciclagem e seus benefícios sociais e ambientais: 93% dos entrevistados consideram muito importante ou importante a reciclagem de lixo e 97% acha que o programa de reciclagem de lixo de Curitiba é importante para o meio ambiente (questões 24 e 23 respectivamente). Também reflete o conhecimento da existência de leis sobre a destinação final dos resíduos sólidos por parte de 53% dos respondentes (questão 17) – Gráfico 2.

Com relação aos motivos para participar do programa, a conscientização preocupação com o meio ambiente veio em primeiro lugar (43% e 35% respectivamente) indicando que há uma conscientização efetiva da população entrevistada sobre os problemas ambientais causados pelo lixo. A conscientização da população implica na ação de educação ambiental (formal e informal) efetuada pelas várias instâncias formadoras de opinião (escola, mídia etc.), e como resultado se espera evidentemente

uma maior preocupação para com o meio ambiente (questão 11) – Gráfico 3.

Cabe salientar que a "divulgação do programa" é o terceiro principal motivo para

fez um elo cognitivo entre a importância do meio ambiente e o programa de reciclagem de lixo, como meio de assegurar sua conservação. Indica também que parte dos entrevistados não

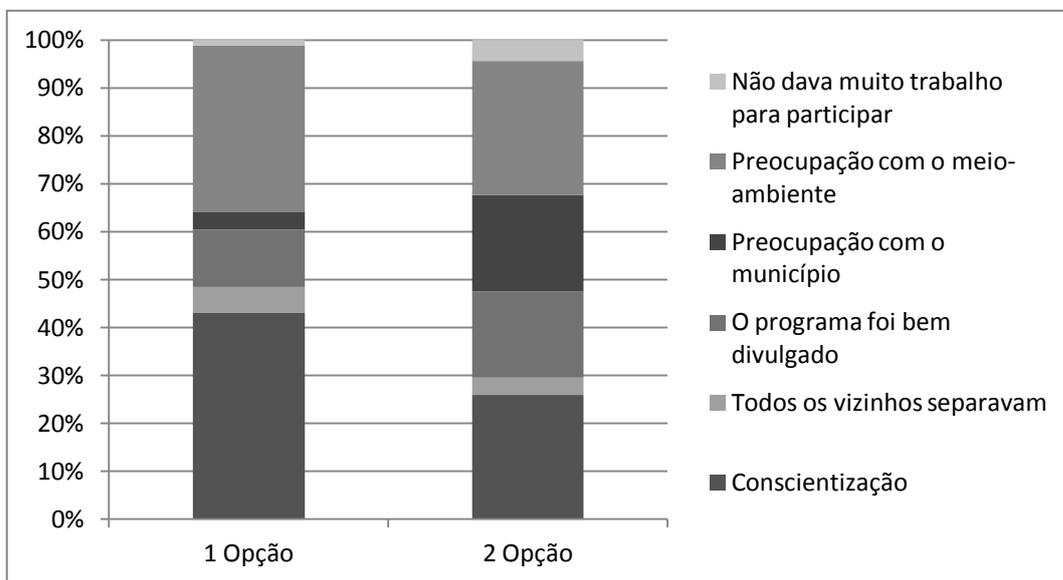


Gráfico 3 – Motivos (principal e secundário) para participar do Programa 'lixo que não é lixo'

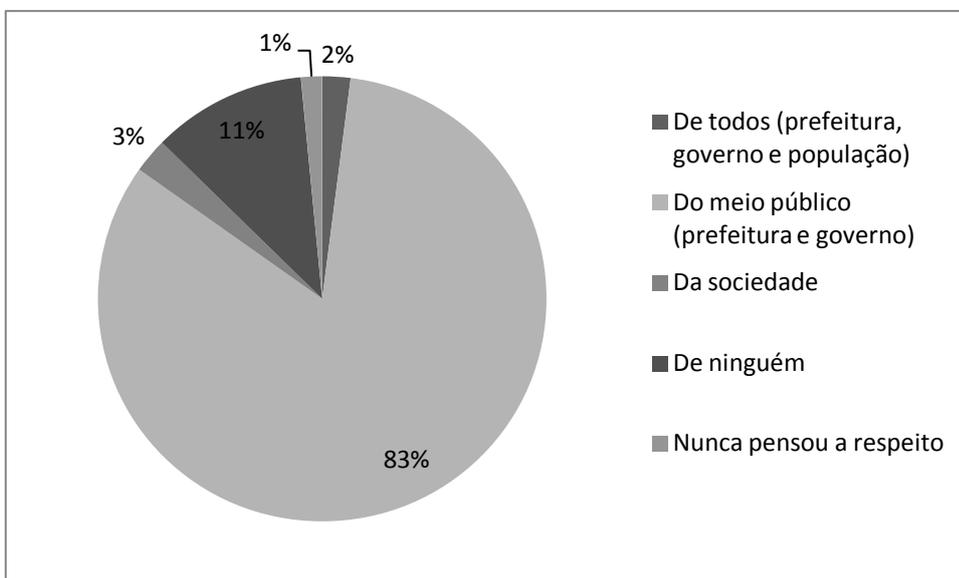


Gráfico 4 – Responsabilidade sobre a gestão dos resíduos

participação no programa (12% opção 1 e 18% opção 2 - questão 11), indicando que uma parte da população conscientizada e preocupada com o meio ambiente

declarou que a divulgação do programa é prioritária para a conscientização sobre os problemas ambientais, e que esta consciência foi formada através de outros

estímulos informativos. A relação entre a aquisição de uma consciência ambiental, e a preocupação com o meio ambiente urbano e a divulgação do programa é característica de camadas mais elitizadas da população, que em geral tem acesso à informação de várias fontes: educação formal, internet,

jornal, TV etc. e tem tempo/recursos para elaborar e priorizar as informações ambientais – Gráfico 3. Interessante observar que a grande

maioria da população acha que o programa de reciclagem de lixo de Curitiba é muito benéfico ao meio ambiente (84%) e por isso mesmo, 85% dos entrevistados acha que a reciclagem de resíduos é muito importante (questões 23 e 24). Isso reflete em um alto grau de conscientização ambiental da população, como percebido nos principais motivos para participar do programa (78% preocupam-se com meio ambiente e conscientização).

Contudo, a maioria dos entrevistados reconhece que a gestão de resíduos é um problema de todos, o que é uma premissa para estabelecimento da rede: a cumplicidade quanto ao objetivo. Em torno de 83% dos entrevistados reconhecem a responsabilidade de todos (prefeitura, governo e população) na resolução do problema do lixo (questão 19), mas acreditam que os vários atores sociais desempenham papéis distintos e complementares na

gestão dos resíduos, cabendo à população uma participação menos onerosa.

A maioria dos respondentes tem real noção da atual situação do programa, pois 60% deles indicaram que o programa continua, mas com menor intensidade na atualidade (questão 14). O principal motivo da

entre a população entrevistada (QUADRO 2).

A maioria dos entrevistados considera que programas como o “lixo que não é lixo” são prioridades e importantes para administração pública, e que o governo deveria, no caso deste programa, investir e informar mais, como afirmou 60%

Quadro 2 – Percepção sobre a continuidade do programa e principais justificativas para resposta

PERCEPÇÃO SOBRE A CONTINUIDADE DO PROGRAMA	DISTRIBUIÇÃO RESPOSTAS	MOTIVOS (PRINCIPAIS RESPOSTAS)
Continua e com a mesma intensidade que na década de 1990	24%	Tornou-se um hábito (23%)
Continua e com menor intensidade que na década de 1990	60%	Descontinuidade ação prefeitura (27%); Perda hábito (45%)
Continua e com maior intensidade que na década de 1990	15%	
Não continua mais	1%	

Tabela 2 – Importância de programas como “lixo que não é lixo” e percepção sobre importância dos governos municipais

	É muito importante	É importante, mas não uma prioridade pública
Deveria investir e informar, como está fazendo	25%	1%
Deveria investir e informar mais	56%	4%
Deveria informar mais	6%	3%
Deveria investir mais	3%	1%
Não deveria investir	0%	1%
<b>TOTAL</b>	<b>91%</b>	<b>9%</b>

diminuição do interesse em relação ao programa reside na perda do hábito da população em reciclar (questão 15). Entre os que acreditam que o programa continua com a mesma intensidade ou maior (24% dos entrevistados), atribuem isso ao fato de que a reciclagem já se tornou um hábito entre a população (questão 16). Portanto, a percepção da continuidade do programa e a internalização do hábito de reciclar o lixo como um elemento positivo à continuidade do programa não são uma unanimidade

dos entrevistados (questões 20 e 21) – Tabela 2.

Dos respondentes, 61% declararam que se sentem parte de um processo que envolve a reciclagem do lixo, ou seja, de uma rede própria para este objetivo. Com isso, a primeira constatação é que a partir do programa se conformou uma rede social. Essa rede pública se constitui, sob o conceito de Klijn (1998), por ter criado padrões estáveis de relações sociais, a partir da coleta seletiva e preocupação com meio-ambiente, entre atores interdependentes, já que se

consideravam dentro de um processo que se conformaram a partir do programa político em questão. Contudo, 25% declararam apenas fazer a sua parte, esperando que os outros façam a sua. Essa falta de reciprocidade torna uma parte alheia aos resultados da política pública, tratando apenas de realizar o papel de cidadão. Além disso, a pesquisa também mostrou que 6% não se sentem parte do programa – Gráfico 5.

A questão da informação

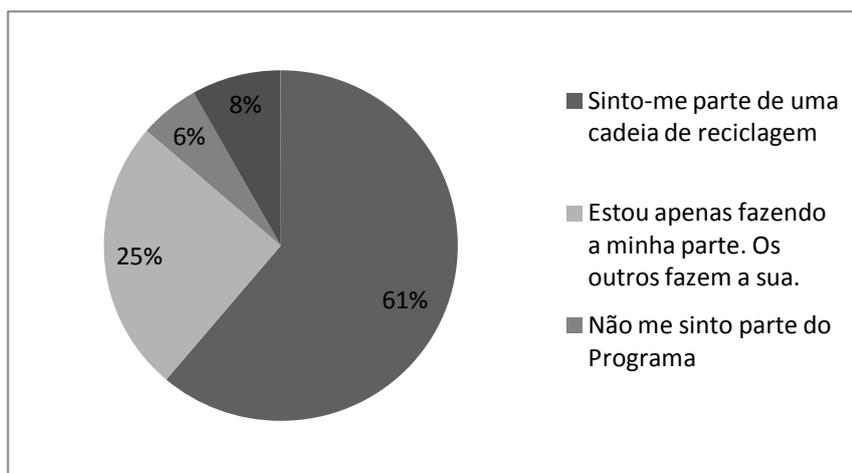


Gráfico 5 – Percepção com relação a sua participação no programa

sobre o andamento do programa parece assumir um papel no sentimento de pertencimento da população ao programa de reciclagem. Neste aspecto, o papel da mídia deixou a desejar.

O sentimento de pertencimento de cada pessoa na rede pública é determinante para a sobrevivência da mesma. Enquanto o programa divulgava a importância do gerenciamento de resíduos e mostrava que cada um deveria fazer a sua parte, as pessoas atendiam a este chamada e faziam a sua parte. Assumia o papel de integrante de uma rede que caracterizava Curitiba como a capital ecológica.

Os motivos para inserção das pessoas na rede estão vinculados a sua conscientização e preocupação ambiental, bem como a divulgação do programa. Os dois

primeiros motivos estão relacionados ao contexto favorável para ações ambientais que afetam o comportamento dos indivíduos (CABALLO, 1999). O segundo motivo trata da forma de aproveitar este ambiente favorável para estimular a participação das pessoas na rede (ENDLER, 1981).

O estímulo feito pela mídia criou um novo ambiente que demandava de cada pessoa um papel mais consciente com o meio ambiente. Esse ambiente modificou

efetivamente o hábito de alguns (aqueles para os quais o programa está ainda mais forte) e para outros voltou situação inicial e não modificou o ambiente, apenas tratou-se de uma situação de estímulo que não se transformou em um novo ambiente permanente (aqueles para os quais o programa está mais débil). Como esta última situação foi a que efetivamente ocorreu, o estímulo dado pelo Estado por meio da informação e da propaganda resultou apenas em um novo ambiente temporário. Quando cessou o estímulo do governo a participação reduziu.

Interessante notar a importância que os próprios atores dão a sua participação na rede ao admitir fazer parte de uma cadeia e que o fortalecimento da mesma não acontece porque a reciclagem não

se tornou um hábito deles próprios. Outra característica interessante é o nível informacional sobre gestão de resíduo muito próximo entre os entrevistados, sem muitas variações pelo nível educacional ou renda. Isso mostra que redes públicas envolvem pessoas com diferentes estruturas socioeconômicas culturais, mas o nível de informação sobre as questões especificamente da rede devem ser compreendidas pelos participantes para que os mesmos se sintam pertencentes à rede. Caso contrário, a vontade individual de participar será menor e o mesmo tenderá a não compor mais a rede.

A rede assume, portanto, as características de Marques (2006) e Broadbent (1998), em que as relações pessoais tornam-se mais participativas frente a dificuldades institucionais de coalização da rede. A reciclagem é um hábito e, portanto, uma condição do comportamento individual. Desenvolver este hábito depende das relações passadas ou atuais com outras pessoas: 'se todos estão fazendo a sua parte, eu faço a minha' (MARTELETO e OLIVEIRA e SILVA, 2004; MARQUES, 2006).

Os entrevistados mostraram consciência ambiental e co-responsabilidade com a produção e destino do lixo, e se consideram como parte da cadeia, onde o governo municipal tem o papel fundamental de articulador, nos moldes teóricos de Klijn (1998). Este papel de articulação do governo é visto pelo nível informacional dado para a rede, apesar de esta assumir um papel passivo com relação à demanda por informação. Ou seja, os atores consideram que a informação simétrica é importante para consolidação e fortalecimento da rede, sendo o governo o articulador para isso, mas se não houver informação os atores não cobram o próprio governo pela informação. Isso retorna a questão da mudança de comportamento a

partir de um estímulo externo (informação) articulado pelo Estado (ENDLER, 1981; O'DONNELL e THARP, 1982; CABALLO, 1999).

Nesse caso, portanto, não houve uma redução da rede pela mudança dos objetivos individuais frente ao coletivo, mas pela redução do papel articulador do governo. Essa constatação pode ser confirmada pelas informações disponibilizadas anteriormente na tabela 2, em que se mostrou a intenção de 86% dos entrevistados ao afirmarem que o governo deveria investir e informar mais ou, pelo menos, tanto quanto está fazendo atualmente, em razão da prioridade do tema (91% dos entrevistados consideram o tema prioritário).

Uma hipótese para redução da participação do governo, não explorada, seria que este superestimou a consolidação da rede e diminuiu o seu papel, mas a participação dos atores estava se reconstituindo por um novo momento que o município passava de incremento populacional, no final da década de 1990. Essa hipótese é corroborada pelo próprio governo, como exposto na seção 3.1.

O aumento da população e a menor articulação da prefeitura municipal fizeram com que o ambiente se tornasse menos estimulante para participação da rede. Ou seja, em um momento importante que era a inclusão de novos atores e a transformação efetiva em um hábito, houve a perda do estímulo e a saída de pessoas ao invés da entrada, resultado definição equivocada do problema para definição da situação e, conseqüentemente, da intervenção do Estado, conforme tratado por Caplan e Nelson (1973).

Assim, o enfraquecimento da rede oriunda da menor articulação da prefeitura municipal desestimulou o próprio governo em rever seu papel e diminuiu os resultados do programa. Somente em 2005 o governo municipal retomou o estímulo como nova

campanha de *marketing*, mas é um recomeço, com resultados ainda preliminares e distantes dos resultados alcançados no auge do programa entre 1995 e 1998.

## 5. CONCLUSÕES

A contribuição para o estudo das redes sociais abrange dimensões no meio acadêmico e público. Para o meio acadêmico os resultados da pesquisa e a discussão teórica permitiram ressaltar a interdependência dos atores tanto na constituição quanto no fortalecimento de redes públicas. Para o meio público, a pesquisa trouxe a contribuição de mostrar como a efetividade do programa “Lixo que não é Lixo” está relacionada a capacidade de compreensão da rede de política pública estabelecida com programas deste tipo.

O objetivo desse artigo foi avaliar as relações sociais em redes de políticas públicas para consolidação do programa de gestão de resíduos sólidos urbanos “Lixo que não é Lixo” implantado em Curitiba. Como resposta, os entrevistados realçaram a importância das redes sociais para consolidação de programas públicos de gestão de resíduos, tendo o governo municipal papel fundamental para consolidação e articulação desta rede de política pública.

Um programa de gestão de resíduos sólidos se torna uma rede de política pública à medida que o governo consegue incutir a importância da participação do cidadão e torna isso um hábito para o mesmo, que se sente parte do processo. Isso aconteceu com o programa estudado, pela percepção dos entrevistados e pelo tempo de execução que reflete a consolidação do programa e da rede. Contudo, a continuidade e maturidade desta rede e, respectivamente do programa, depende de uma ação

continua do governo municipal para articular, informar e investir no seu desenvolvimento. A efetividade do programa, em relação à quantidade de recicláveis coletados, flutuou ao longo do tempo em relação direta a participação e ação continuada do governo municipal, segundo os entrevistados.

No caso estudado a falta de continuidade do papel de articulador pelo governo municipal e a mudança no contexto foram os principais responsáveis pela redução dos resultados produzidos pela rede. Assim, como a congruência de objetivos dos participantes articulados em ações conjuntas favorece a criação espontânea da rede, como no caso japonês exemplificado por Broadbent (1998), também pode ser responsável pelo seu desaparecimento se não houver dita articulação. Assim, se valida a hipótese condicionando a necessidade do papel articulador do Estado.

O fortalecimento e a consistência da rede dependem da compreensão de cada um sobre o seu papel na rede, mas o interesse em participar dessa rede e o nível de informação dependem da articulação da rede, que no caso estudado é feita pelo governo municipal. Essas relações dependem do contexto e são influenciados por situações que estimulam com maior ou menor intensidade o adensamento e/ ou a extensão da rede, seja respectivamente pelo estreitamento das relações existentes ou pela inclusão de novos atores.

Como proposta de novos trabalhos sugere-se explorar o programa estudado com estudos localizados com grupos em diferentes bairros, com contextos e histórias diferenciadas a fim de avaliar comparativamente a compreensão de cada sub-rede e destas com a rede de políticas públicas caracterizada neste trabalho. Também caberia uma avaliação mais aprofundada da

hipótese de enfraquecimento do estímulo por parte do Estado, sustentado na percepção, como conclusão dos pesquisadores e do próprio Estado, que se refere a mudança no contexto (novos habitantes sem desabitadas com a coleta seletiva) e a falta de estímulo do programa. Um sociograma também possibilitaria a melhor visualização da rede e permitira explorar análises sobre a densidade das relações.

## REFERÊNCIAS

- A *CIDADE reciclada. Folha de Londrina*, Londrina, 18 nov. 1994.
- BONET, Jordi. La vulnerabilidad relacional: Análisis del fenómeno y pautas de intervención. **Redes - Revista hispana para el análisis de redes sociales**, Barcelona, v.4, n.11, 2006. Disponível em: <<http://revista-redes.rediris.es>>. Acesso em 26 dez.2007.
- BROADBENT, Jeffrey. **Environmental Politics in Japan: Networks of Power and Protest**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- CAPLAN, N.; NELSON, S. D. "The nature and consequences of psychological research on social problems". **American Psychologist**, n.3, p.199-211, 1973.
- CAMPANHA do "Lixo que não é lixo" têm nova fase. **Correio Paranaense**, Curitiba, p. 8, 06 de jun. 2006.
- RECICLAR lixo propicia cadernos e alimentos. **Diário Popular, Curitiba**, 03 abr. 1993.
- ENDLER, N. S. "Situational aspects of interactional psychology" In: MAGNUSSON, D. (ed.). **Toward a Psychology of Situations: An Interactional Perspective**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, p. 361-373, 1981.
- ESTADO lança maior programa de separação de lixo do País. **O Estado do Paraná**, Curitiba, 24 out. 2006.
- GIL, Antonio, C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed, São Paulo: Atlas, 1999.
- IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social Banco de dados. 2007. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br>>. Acesso em 21 nov. 2007.
- LIXO que não é lixo vai ganhar Top de Marketing. **Jornal do Estado**, Curitiba, 05 mar. 1991.
- KNOKE, David et al. *Comparing policy networks: labor politics in the U.S., Germany, and Japan*. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- MARQUES, Eduardo C. Redes Sociais e Poder no Estado Brasileiro: Aprendizados a partir das Políticas Urbanas. **Revista Brasileira De Ciências Sociais**, São Paulo, v. 21, n. 60, p. 15-41, 2006.
- MARTELETO, Regina M. Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 30, n 1, jan./abr., p. 71-81, 2001.
- MARTELETO, Regina M.; OLIVEIRA E SILVA, Antonio B. de Redes e capital social: o enfoque da informação para o desenvolvimento local. **Ci. Inf.**, Brasília, v.. 33, n. 3, set./dez., p.41-49, 2004.
- NOVOS Personagens para novo estímulo. **Jornal do Estado**, Curitiba, Caderno b2, 11 e 12 mar. 2006.
- O'DONNELL, C. R.; THARP, R. G. Community intervention and the use of multi-disciplinary knowledge in: BELLACK, A. S; HERSEN, M; KAZDIN A. E. (Eds.). **International handbook of behavior modification and therapy**. New York: Plenum, 1982.
- PAPPI, Franz U. Personal environments in the process of political intermediation as a topic of the comparative national election study. In: HAYASHI, Chikio; SCHEUCH, Erwin (org.). **Quantitative Social Research in Germany and Japan**. Opladen: Leske und Budrich, p. 122-139, 1996.
- PAPPI, Franz U.; HUCKFELDT Robert. **Political Discussion in Ego-centric Networks: National Variations in Social Embeddedness**. University of Mannheim, Lehrstuhl für Politikwissenschaft I. Working Paper, 1996.
- PMC - Prefeitura Municipal de Curitiba. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br>>. Acesso em 15 jan. 2008.
- PORRAS, José I. Individualidad, Racionalidad y Redes: Las nuevas lentes para comprender "lo político" en la Sociedad de la Información. **Redes - Revista hispana para el análisis de redes sociales. Barcelona, 2003**. Disponível em: <<http://revista-redes.rediris.es/webredes/textos/Individualidad.htm>>. Acesso em 10 jan. 2008.
- PROGRAMA do lixo em toda região metropolitana. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 01 de jun. 1997.
- REQUENA, Santos, F. **Análisis de redes sociales. Orígenes, teorías y aplicaciones**. Col. Monografias (198). Madrid. Centro de Investigaciones Sociológicas/Siglo XXI. Disponível em: [www.griss.org/curriculums/.../aeic\\_fernandezquijada.pdf](http://www.griss.org/curriculums/.../aeic_fernandezquijada.pdf) . Acesso em: Acesso em 26 dez.2007.
- SCHNEIDER, Volker. Redes de políticas públicas e a condução de sociedades complexas. **Civitas – Revista de Ciências Sociais**, v. 5, n. 1, jan.jun., p. 29-58, 2005.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE CURITIBA. Departamento de Limpeza Publica do Município. Quadro Demonstrativo em Toneladas. Curitiba, 2008.

SILVA, Christian L. da. Desenvolvimento sustentável: um conceito multidisciplinar. In: SILVA, Christian L. da; MENDES, Judas T. G. (Org.). **Reflexões sobre o Desenvolvimento Sustentável: agentes e interações sob a ótica multidisciplinar**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005, v. 1, p. 11-40.

YIN, Robert. K. **Case Study Research: Design and Methods**. 2a Ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications. 1994.

## APENDICE A –QUESTIONÁRIO

**Prezado Senhor(a)**  
 Estamos realizando uma pesquisa sobre a percepção dos habitantes de Curitiba referente ao Programa "Lixo que não é Lixo". Pedimos para responder as questões abaixo (nos quadros em amarelo) e desde já agradecemos sua participação.

1 Qual é o bairro em que reside atualmente?

2 Qual é a sua faixa etária (Marque com X a faixa etária em que se encontra atualmente)?

Menor que 25 anos	<input type="checkbox"/>
Entre 25 e 40 anos	<input type="checkbox"/>
Entre 41 e 60 anos	<input type="checkbox"/>
Mais de 60 anos	<input type="checkbox"/>

3 Qual é a sua faixa de renda mensal (Marque com X a faixa de renda em que se encontra atualmente)?

Até R\$ 760	<input type="checkbox"/>
Entre R\$ 761 e R\$ 1900	<input type="checkbox"/>
Entre R\$ 1901 e R\$ 3800	<input type="checkbox"/>
Entre R\$ 3801 e R\$ 7600	<input type="checkbox"/>
Acima de R\$ 7600	<input type="checkbox"/>

4 Qual é o seu grau de instrução (Marque com X o seu grau de instrução no momento)?

ensino fundamental incompleto	<input type="checkbox"/>
ensino fundamental completo	<input type="checkbox"/>
ensino médio incompleto	<input type="checkbox"/>
ensino médio completo	<input type="checkbox"/>
ensino superior incompleto	<input type="checkbox"/>
ensino superior completo	<input type="checkbox"/>
pós-graduação (em curso ou completo)	<input type="checkbox"/>

5 Você nasceu em Curitiba (Marque com X)?

Sim	<input type="checkbox"/>
Não	<input type="checkbox"/>

6 Você residia em Curitiba em entre 1989 e 2005 (Marque com X)?

Sim	<input type="checkbox"/>
Não	<input type="checkbox"/>

Se a sua resposta nesta questão foi não pule para questão 17.

7 Se a sua resposta na questão 6 foi sim, você residiu em Curitiba entre 1989 e 2005 Mudou de bairro neste período? Se residia em Curitiba entre 1989 e 2005 e o bairro em que mais habitou neste período é diferente do atual escolha sim, caso contrário escolha não (Marque com X)

Sim	<input type="checkbox"/>
Não	<input type="checkbox"/>

8 Se a resposta da questão 7 foi sim, qual foi o bairro que mais habitou neste período?

9 Você conhece o Programa Lixo que Não é Lixo da Prefeitura Municipal de Curitiba (marque com X)?

Sim	<input type="checkbox"/>
Não	<input type="checkbox"/>

10 Você participou do Programa Lixo que Não é Lixo da Prefeitura Municipal de Curitiba (marque com X)?

Sim	<input type="checkbox"/>
Não	<input type="checkbox"/>

11 Que motivos levaram a partipar do Programa? Se você participou em algum momento do Programa, escolha até três opções que mais o motivava a participar do Programa - Coloque 1 para o que considera mais importante, 2 para a segunda mais importante e três para a última opção. Se achar conveniente pode escolher apenas 1 ou 2 opções

Conscientização	<input type="checkbox"/>
Todos os vizinhos separavam	<input type="checkbox"/>
O programa foi bem divulgado	<input type="checkbox"/>
Preocupação com o município	<input type="checkbox"/>
Preocupação com o meio-ambiente	<input type="checkbox"/>
Não dava muito trabalho para participar	<input type="checkbox"/>
Outro motivo: especificar	<input type="text"/>

- 12 Sabe qual era o destino do lixo? Se conhecia o Programa, selecione até duas opções referentes a sua percepção sobre o destino do lixo - Coloque 1 para o que considera mais importante e 2 para a outra opção. Se achar conveniente pode escolher apenas 1 opção

..... A prefeitura não informava	<input type="checkbox"/>
..... O lixo reciclado era vendido e a receita era da Prefeitura	<input type="checkbox"/>
..... O lixo reciclado era doado e a receita era dos beneficiados	<input type="checkbox"/>
..... Nunca de preocupou com isso	<input type="checkbox"/>
..... Tinha interesse em saber, mas não buscou a informação	<input type="checkbox"/>
..... Tinha interesse em saber, mas não conseguiu a informação	<input type="checkbox"/>
..... Outro motivo: especificar	<input type="text"/>

- 13 Sabe quanto era recolhido de lixo reciclável por ano? Se conhecia o Programa, selecione opção referente a sua percepção sobre quanto se recolheu, em média, de lixo reciclável por ano entre 1989 e 2005. Escolha apenas 1 opção.

..... até 20kg por habitante por ano	<input type="checkbox"/>
..... entre 21kg e 100kg por habitante por ano	<input type="checkbox"/>
..... Acima de 100kg por habitante por ano	<input type="checkbox"/>
..... Nunca de preocupou com isso	<input type="checkbox"/>
..... Tinha interesse em saber, mas não buscou a informação	<input type="checkbox"/>
..... Tinha interesse em saber, mas não conseguiu a informação	<input type="checkbox"/>
..... Outro motivo: especificar	<input type="text"/>

- 14 Você sabe se o programa ainda continua? Se conhecia o Programa, selecione opção referente a sua percepção sobre a continuidade do Programa.

..... Continua e com a mesma intensidade que na década de 1990	<input type="checkbox"/>
..... Continua e com menor intensidade que na década de 1990	<input type="checkbox"/>
..... Continua e com maior intensidade que na década de 1990	<input type="checkbox"/>
..... Não continua mais	<input type="checkbox"/>

- 15 Se indicou que diminui a intensidade do Programa, comparado a década de 1990, ou não continua mais qual seria o motivo na sua opinião? Se conhecia o Programa e acha que ele diminui a intensidade comparado a década de 1990 ou não continua mais, selecione opção referente a sua percepção sobre principal motivo disso (apenas 1 opção). Caso contrário passe para questão 17

..... Descontinuidade da ação da prefeitura	<input type="checkbox"/>
..... Aumento dos catadores de papel	<input type="checkbox"/>
..... Perda do hábito pela população	<input type="checkbox"/>
..... Não sabe informar	<input type="checkbox"/>
..... Outro motivo: especificar	<input type="text"/>

- 16 Se indicou que aumentou ou permaneceu a intensidade do Programa, comparado a década de 1990, qual seria o motivo na sua opinião? Se conhecia o Programa e acha que ele aumentou ou continua tão intenso quanto na década de 1990, selecione opção referente a sua percepção sobre principal motivo disso (apenas 1 opção). Caso contrário passe para questão 17

..... Maior ação da prefeitura	<input type="checkbox"/>
..... Aumento dos catadores de papel	<input type="checkbox"/>
..... Transformou-se em um hábito da população	<input type="checkbox"/>
..... Maior ação da mídia	<input type="checkbox"/>
..... Maior conscientização ecológica	<input type="checkbox"/>
..... Não sabe informar	<input type="checkbox"/>
..... Outro motivo: especificar	<input type="text"/>

- 17 Sabe se existe alguma legislação sobre a disposição de resíduos (lixo)? Escolha a opção referente ao seu conhecimento sobre alguma política ou legislação sobre os resíduos (lixos).

..... Sim, existe em trâmite	<input type="checkbox"/>
..... Não existe, mas se pretende fazer (informação da mídia)	<input type="checkbox"/>
..... Não existe e não tem conhecimento	<input type="checkbox"/>
..... Outro opção: especificar	<input type="text"/>

18 A preocupação com o lixo deve ser uma prioridade? Escolha a melhor opção que esteja adequada a sua percepção sobre a prioridade da discussão referente a legislação e prática do gerenciamento de resíduos no cenário nacional e municipal.

Deve ser uma prioridade nacional	
Deve ser uma prioridade apenas municipal	
Deve ser uma prioridade em todas esferas	
Não deve ser uma prioridade; outras urgências	
Outro opção: especificar	

19 Na sua opinião de quem é a responsabilidade pelo lixo? Escolha a melhor opção que esteja adequada a sua percepção sobre a responsabilidade prioritária sobre o gerenciamento de resíduos (lixo).

De todos (prefeitura, governo e população)	
Do meio público (prefeitura e governo)	
Da sociedade	
De ninguém	
Nunca pensou a respeito	
Outro opção: especificar	

20 Na sua opinião você acha importante Programas como o Lixo que não é Lixo? Escolha a melhor opção que esteja adequada a sua percepção sobre a importância de Programas similares ao Lixo que não é Lixo

É muito importante	
É importante, mas não uma prioridade pública	
É pouco importante	
Não é importante	

21 Na sua opinião qual deve ser a participação do Estado em programas como o Lixo que Não é Lixo? Escolha a melhor opção que esteja adequada a sua percepção sobre qual deveria ser a participação do Estado em Programas similares ao Lixo que não é Lixo.

Deveria investir e informar, como está fazendo	
Deveria investir e informar mais	
Deveria informar mais	
Deveria investir mais	
Não deveria investir	
Não precisaria informar	
Não precisaria investir e informar	
Outro opção: especificar	

22 Se você participou do programa, qual a sua percepção com relação ao seu papel neste processo? Escolha a melhor opção que esteja adequada a sua percepção sobre qual é a sua participação no Programa Lixo que não é Lixo, caso tenha participado.

Sinto-me parte de uma cadeia de reciclagem	
Estou apenas fazendo a minha parte. Os outros fazem a sua.	
Não me sinto parte do Programa	
Nunca pensei a respeito	
Não participei	

23 Você acha que o programa de reciclagem de lixo de Curitiba é bom para o meio ambiente? Escolha a melhor opção que esteja adequada a sua percepção.

sim, é muito importante	
sim, ajuda um pouco	
sim, mas não deu prá ver resultado algum	
não influencia o meio ambiente	
não sei dizer	

24 Em que medida você acha que é importante fazer a reciclagem do lixo?

muito importante	
importante	
pouco importante	
não é importante	
não sei dizer	

# Redução das emissões de gases de efeito estufa através do uso de hidrogênio na siderurgia

## RESUMO

Atualmente, novos processos que emitem menor quantidade de CO<sub>2</sub> e que geram menos resíduos são necessários. A comunidade internacional do aço está confrontada com o desafio de desenvolver processos que tornam a produção de aço mais sustentável no futuro. Este artigo descreve a análise de gases a partir da redução de pelotas de minério de ferro utilizando uma mistura de gás inerte e hidrogênio como gás redutor. Foi utilizada uma balança termogravimétrica acoplada a um espectrômetro de massa para realização dos experimentos. Pode-se concluir que a utilização de hidrogênio na redução de minério de ferro é uma alternativa na tentativa de minimizar a emissão de gases causadores do efeito estufa.

**PALAVRAS-CHAVE:** hidrogênio, redução de CO<sub>2</sub>, siderurgia.

## ABSTRACT

Nowadays, new processes that emit less CO<sub>2</sub> and generate less waste are necessary. The international steel community is faced with the challenge of developing processes that make steel production more sustainable in the future. Thus, this paper describes the analysis of gases from the reduction of iron ore pellets using a mixture of inert gas and hydrogen as reducing gas. It was used a thermogravimetric balance coupled to a mass spectrometer for the experiments. It can be concluded that the use of hydrogen in the reduction of iron ore is an alternative in the attempt to minimize the emission of greenhouse gases.

**KEYWORDS:** hydrogen, CO<sub>2</sub> reduction, steel mill.

## Girley Ferreira Rodrigues

Doutorando em Eng. Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

E-mail: girleyf@gmail.com

## Eduardo Junca

Doutorando em Eng. Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

## Victor Bridi Telles

Doutorando em Eng. Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

## Denise Croce Romano Espinosa

Professora Associada do Departamento de Eng. Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

## INTRODUÇÃO

A indústria siderúrgica é responsável por uma parcela significativa das emissões de CO<sub>2</sub> no mundo (ARVOLA; HARKONEN; MOTTONEN; HAAPASALO; TERVONEN, 2011). Os valores de emissões totais de CO<sub>2</sub> utilizando carvão ou gás natural são superiores a 2.000 kg de CO<sub>2</sub>/t de aço. Deste modo, a siderurgia emite cerca de 650 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, sendo o quarto maior setor que utiliza combustível fóssil, e, portanto, responsável por 10% das emissões de CO<sub>2</sub> no mundo (ORTH; ANASTASIJEVIC; EICHBERGER, 2007, n.20, p.854–861; GRETZ; KORF; LYONS, 2003).

As indústrias siderúrgicas são responsáveis pela liberação de 7% dos gases causadores do efeito estufa. Considerando a mineração de coque e de minério de ferro, a quantidade de gases causadores de efeito estufa pode chegar a 10% (STREZOV, 2006).

Em 1997, foi realizada a Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, onde foi proposto o Protocolo de Kyoto, que estabelece metas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa pelos países desenvolvidos para, no mínimo, 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008 a 2012. O Protocolo de Kyoto pode ser visto como o primeiro passo para estabilizar as concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa (UNFCCC, 1998). Este tem sido um tema recorrente na literatura (PIELKE; WIGLEY; GREEN, 2008; FRIEDLINGSTEIN, 2008).

De acordo com o Instituto Aço Brasil (AÇO BRASIL, 2009), até o ano de 2020 o Brasil tem por objetivo reduzir a emissão de 8 a 10 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na siderurgia.

Assim, estão sendo desenvolvidos processos em diversos países que visam à redução destas emissões (FRUEHAN, 2009).

Dentre os quais se destacam o uso de gás natural, de carvão vegetal e de biomassa como redutor, além dos processos eletrolíticos.

Portanto, existe um potencial estratégico para o desenvolvimento de estudos fundamentais e inovações na substituição de carvão coqueificável por gás natural, visando principalmente à diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Para que haja a redução da emissão de CO<sub>2</sub> na indústria siderúrgica é necessário a implementação de novas tecnologias que permitam a obtenção do ferro metálico e conseqüentemente do aço.

Basicamente, existem quatro maneiras de diminuir a quantidade de CO<sub>2</sub>: reduzindo a quantidade de CO<sub>2</sub> nos processos, utilizando fontes de energia renováveis como madeira, utilizando hidrogênio e sequestrando ou capturando o CO<sub>2</sub> (FRUEHAN, 2009).

Hu et al. (HU; CHEN; ZHANG; QI; YIN, 2006) complementam dizendo que uma medida chave para a diminuição do CO<sub>2</sub> gerado nas indústrias siderúrgicas é o controle de CO<sub>2</sub> emitido na produção de energia, ou seja, durante a queima de combustíveis fósseis.

Para estabilizar o CO<sub>2</sub> atmosférico na concentração atual, as emissões teriam de ser reduzidas para a quantia que é absorvida pelo oceano e pela terra, que representa cerca de 5,5 bilhões de toneladas, o que equivale a uma redução imediata de 45% nas emissões globais de CO<sub>2</sub> (FRIEDLINGSTEIN, 2008; BIRAT, 2003).

Sobre este ponto de vista, o hidrogênio (H<sub>2</sub>) é um potencial agente redutor para o minério de ferro, sendo que os produtos desta reação de redução serão o ferro metálico e vapor d'água. Desta maneira, a substituição de parte do redutor convencional (coque) por hidrogênio acarretaria numa redução das emissões de CO<sub>2</sub> na obtenção de ferro.

O hidrogênio é um elemento comum encontrado em todos os combustíveis fósseis e em toda matéria orgânica. Na sua forma molecular, o hidrogênio (H<sub>2</sub>) é um gás incolor, inodoro e não tóxico. Como o petróleo e o gás natural, o hidrogênio pode ser transportado através de gasodutos ou em cilindros. Quando queimado, o hidrogênio produz basicamente vapor de água e emissão zero de CO<sub>2</sub>, isto o torna um combustível limpo. (FCHEA, 2011).

O hidrogênio é o gás mais leve e também o mais denso em energia por massa. O gás hidrogênio não ocorre naturalmente na Terra, mas pode ser produzido através de várias maneiras (CHAN; YANG; LEE; HONG, 2010).

Este trabalho descreve a evolução de gases a partir da redução de pelotas de minério de ferro, utilizando como fonte redutora uma mistura contendo 10% de hidrogênio com 90% de argônio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas pelotas de minério de ferro para redução direta. Em uma balança termogravimétrica, foram realizados quatro ensaios em isotermas de 800 °C, com quatro fluxos diferentes de gás redutor (50, 100, 150 e 200 mL/min). O gás resultante do processo (oriundo da balança termogravimétrica após o contato com a amostra) foi analisado em um espectrômetro de massa. A Figura 1 mostra um fluxograma do aparato experimental utilizado neste estudo.

Inicialmente, a amostra (pelota) foi aquecida no próprio equipamento da temperatura ambiente, por volta de 25 °C, até atingir 800 °C. Esta etapa foi realizada com fluxo de nitrogênio de 20 mL/min. Ao atingir a temperatura desejada, o fluxo de gás inerte foi substituído pelo fluxo de gás redutor (mistura de 10% de hidrogênio e 90% de argônio). Manteve-se a amostra por uma hora na temperatura de 800 °C com atmosfera composta por gás redutor. Ao final do experimento, a amostra foi resfriada até a temperatura ambiente em atmosfera inerte (com uso de nitrogênio) para evitar a oxidação da amostra.

O espectrômetro de massa utilizado neste trabalho foi o modelo Netzsch, QMS 403C. Este equipamento foi acoplado à saída do gás, no topo da balança termogravimétrica, através de um capilar de quartzo aquecido a 300 °C. Este procedimento tem por finalidade evitar a condensação dos gases desde a saída da termobalança até o sensor quadripolar do espectrômetro. O equipamento possui duas formas de medição: varredura de massas moleculares em intervalos de tempo e medição dos teores de gases evoluídos, previamente selecionados em intervalos de tempo. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado na forma de varredura das massas moleculares.

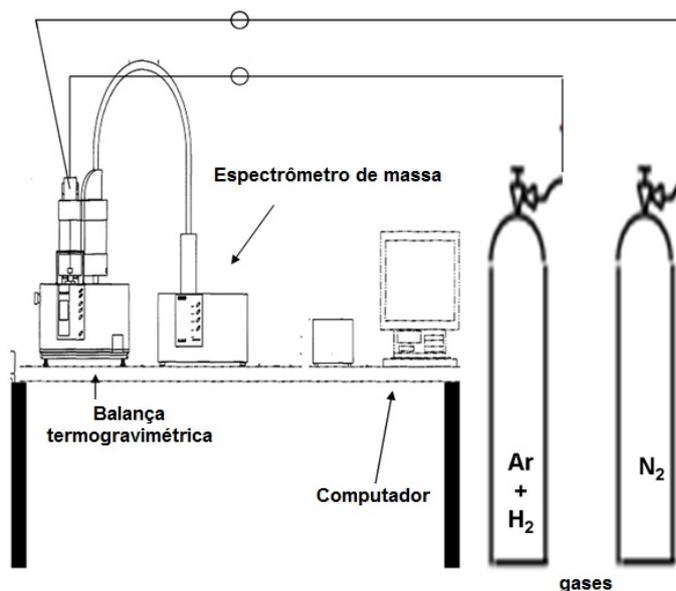


Figura 1: Fluxograma do aparato experimental.

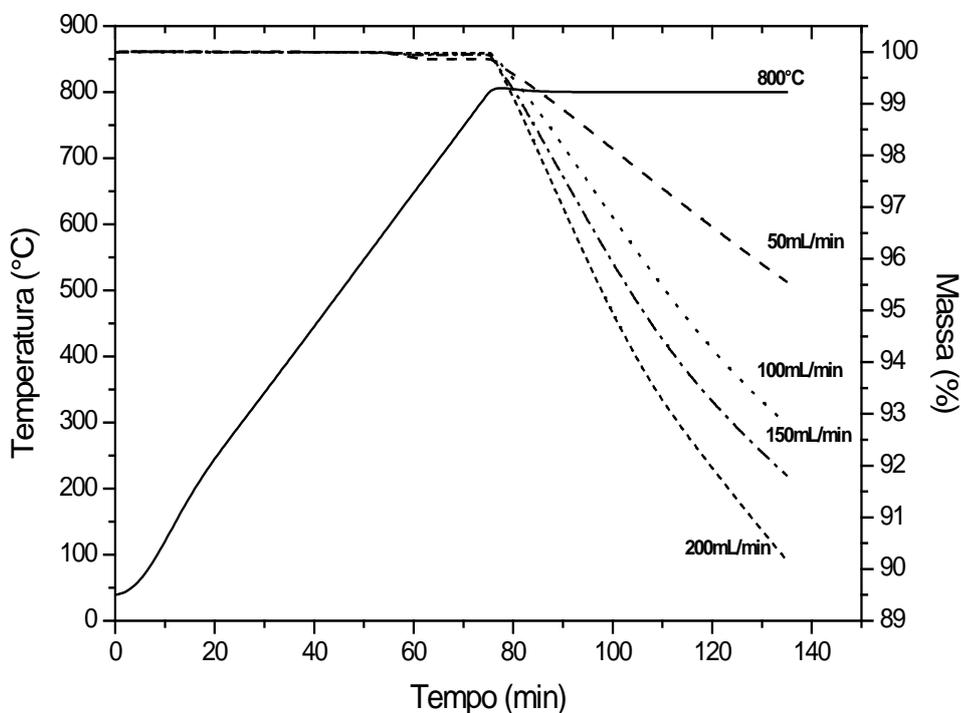


Figura 2: Curvas de análise termogravimétrica com isoterma de 800 °C, durante 1h em diferentes fluxos.

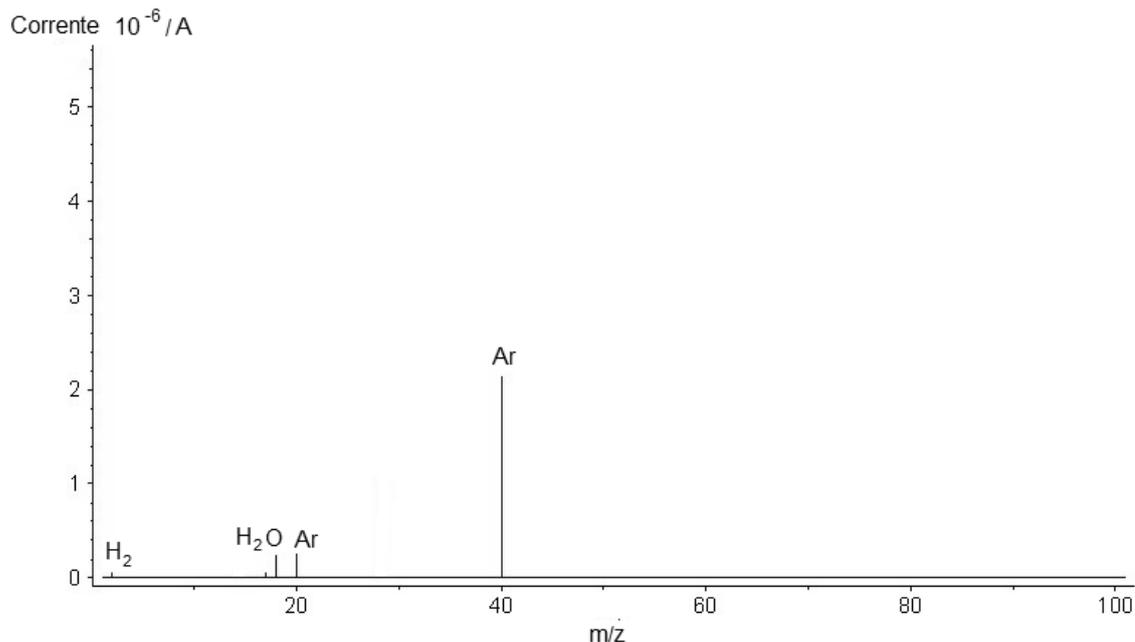


Figura 4: Espectro de massa das espécies da redução no fluxo de 50 ml/min

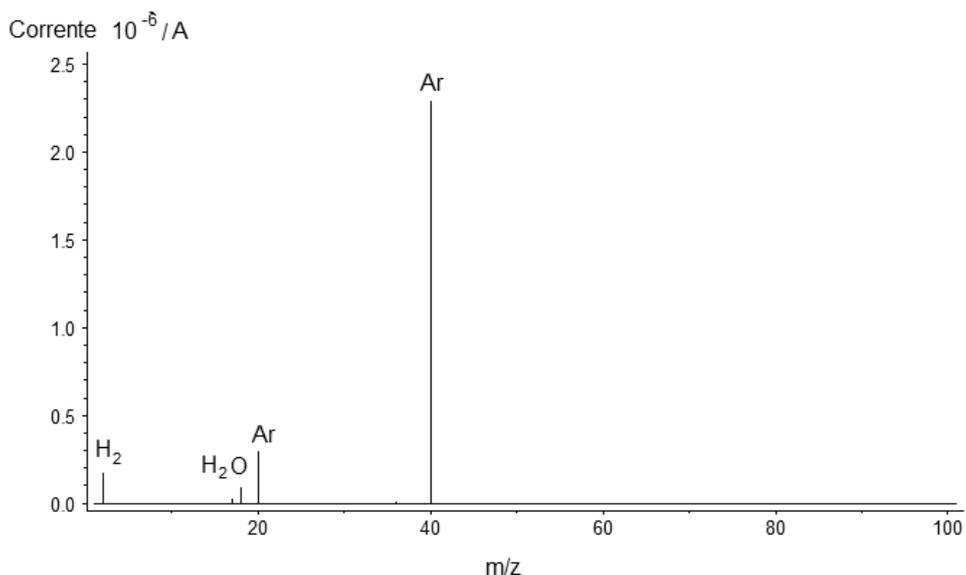


Figura 3: Espectro de massa das espécies da redução no fluxo de 100 ml/min.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra as curvas de perda de massa em função do tempo para amostras de minério de ferro submetidas às isotermais de 800 °C por um tempo de 1h.

Nota-se que com o

aumento do fluxo do gás redutor houve uma mudança na inclinação das curvas, ou seja, com o aumento do fluxo do gás a perda de massa foi mais rápida. As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram os espectros de massa das espécies presentes nos gases resultantes da redução.

Pode-se observar que em todos os espectros de massa há presença de picos de hidrogênio, argônio e água. A água é resultante da interação entre o gás hidrogênio e o oxigênio contido no óxido de ferro. O argônio é decorrente da mistura gasosa redutora, assim como o hidrogênio.

Nota-se assim, a ausência de CO<sub>2</sub> durante a etapa de redução de minério de ferro, o que torna este processo uma alternativa para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam minimizar os problemas de geração de gás causador de efeito estufa na

gerado pelas indústrias do setor siderúrgico.

Outro ponto que pode ser observado é que com o uso de hidrogênio como gás redutor, não ocorre a queima de combustíveis fósseis, que também é sugerida por Hu et al. (HU; CHEN; ZHANG.; QI;

Com os resultados apresentados neste artigo conclui-se que a taxa de redução aumenta com o aumento do fluxo total de gás redutor. Pode-se dizer também que a redução de minério de ferro com hidrogênio é uma alternativa na tentativa de minimizar as emissões de gases causadores do efeito estufa, uma vez que é gerado apenas H<sub>2</sub>O como produto de reação.

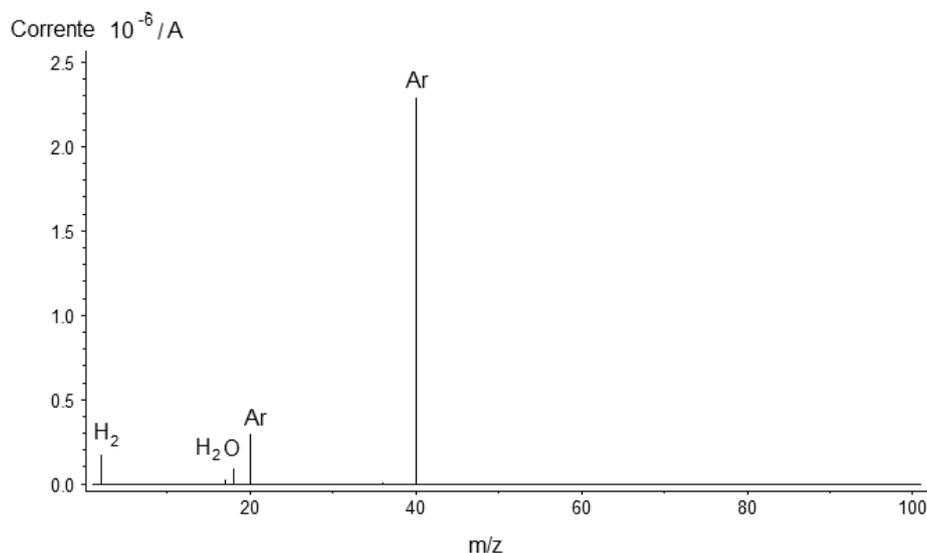


Figura 5: Espectro de massa das espécies da redução no fluxo de 150 ml/min.

indústria siderúrgica.

A técnica de utilização de hidrogênio para a redução foi citada por Fruehan (2009), que sugere esta técnica como uma medida para a diminuição da quantidade de CO<sub>2</sub>

YIN, 2006) como uma medida para minimizar a eliminação de CO<sub>2</sub> pelas indústrias.

## CONCLUSÕES

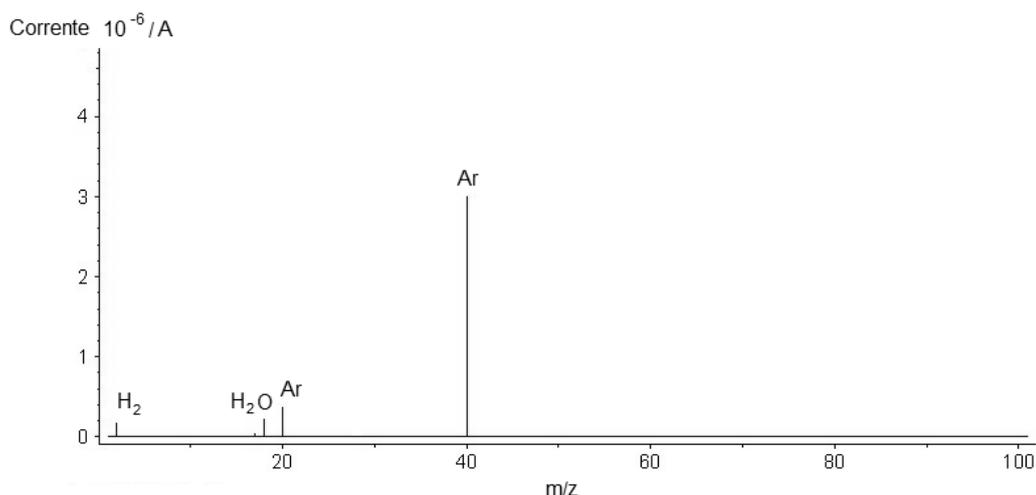


Figura 6: Espectro de massa das espécies da redução no fluxo de 200 ml/min.

## REFERÊNCIAS

ARVOLA, J. HARKONEN, J. MOTTONEN, M. HAAPASALO, H. TERVONEN, P. Combining Steel and Chemical Production to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions. *Low Carbon Economy*, 2011, 2, 115-122.

ORTH, A.; ANASTASIJEVIC, N.; EICHBERGER, H. Low CO<sub>2</sub> emission technologies for iron and steelmaking as well as titania slag production. *Minerals Engineering*, n.20, p.854–861, 2007.

GRETZ, J.; KORF, W.; LYONS, R. Hydrogen. in the steel industry. *J. Hydrogen Energy*, v. 16, n. 10, p. 691-693, 2003.

STREZOV, V. Iron ore reduction using sawdust: Experimental analysis and kinetic modelling. *Renewable Energy*, v. 31, p.1892–1905, 2006.

Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, 1998.

Disponível em  
<<http://unfccc.int/resource/docs/covnpkp/kpeng.pdf>> Acesso em 03/03/2010.

Fuel Cell and Hydrogen Energy Association. Disponível em: <http://www.fchea.org/index.php?id=46>. Acesso em 04/10/2011.

Pielke Jr. R., Wigley, T., Green, C.. Dangerous assumptions. How big is the energy challenge of climate change? The technological advances needed to stabilize carbon dioxide emissions may be greater than we think. *Nature*, Vol 453 April 2008. pág. 531-532.

Chan, D. Y., Yang, K., Lee, J., Hong, G. The case study of furnace use and energy conservation in iron and steel industry. *Energy* 35 (2010), pág. 1665–1670.

Friedlingstein, P. A steep road to climate stabilization. *Nature*, Vol 451, January 2008. pág. 297-298.

INSTITUTO AÇO BRASIL dezembro de 2009. Produzido por Aço Brasil. Disponível em <[http://www.acobrasil.org.br/siderurgiaemfoco%5CAcoBrasilInforma\\_De2009.pdf](http://www.acobrasil.org.br/siderurgiaemfoco%5CAcoBrasilInforma_De2009.pdf)> Acesso em 03/04/2010.

Fruehan, R.J. Research on Sustainable Steelmaking. *Metallurgical and Materials Transactions B* Volume 40B, APRIL 2009—123-133.

HU, C. Q.; CHEN, L Y; ZHANG C. X.; QI, Y. H.; YIN, R. Y. Emission Mitigation of CO<sub>2</sub> in Steel Industry: Current Status and Future Scenarios. **Journal of iron and steel research, international**, v. 13, n. 52, p. 38-42, 2006.

FRIEDLINGSTEIN, P. A. Steep road to climate stabilization. **Nature**, v. 451, p. 297-298, 2008.

BIRAT, J.P. Greenhouse gas emissions of the steel industry - Avenues open for a responsible and sustainable management of emissions. **La Revue de Métallurgie**, n.3, p. 261 – 269, 2003.

## Aplicações da Pegada Ecológica no Brasil: um estudo comparativo

### RESUMO

As cidades têm sido percebidas como a chave para a sustentabilidade global face aos seus aspectos sociais, econômicos e ecológicos. Assim, a gestão urbana tem o papel de buscar os mecanismos para propiciar uma maior qualidade de vida e identificar indicadores capazes de sinalizar o seu desempenho ambiental. A Pegada Ecológica (PE) é vista como um indicador importante para incorporar a questão ecológica na análise da qualidade ambiental em áreas urbanas. Entretanto, não só é preciso compreender melhor a PE, como são necessários estudos empíricos que analisem a sua aplicação em cidades de países em desenvolvimento. O objetivo desta pesquisa é contribuir para suprimir essa lacuna, confrontando os resultados de PE's aplicadas no Brasil para evidenciar a necessidade de uma uniformização de procedimentos e o estabelecimento de referências para que se seja possível fazer de fato uma comparação.

*PALAVRAS-CHAVE: Cidade, Sustentabilidade, Pegada Ecológica.*

### ABSTRACT

Cities have been increasingly seen as crucial to global sustainability regarding their social, economic and ecological aspects. Public administration has to find ways to improve standards of living in a city and to search for indicators which can measure environmental performance in urban areas. Ecological Footprint (EF) has been seen as an important indicator to incorporate ecological concerns in environmental quality levels in urban areas. However, a comprehensive understanding of this tool is still required, as well as empirical studies that can analyse the application of EF on cities in developing countries. This paper aims to contribute to this gap. It compares the results of the application of EF in some cities in Brazil identifying a need for adjustment and consistency of procedures and approaches in order to make comparisons possible.

*KEYWORDS: City, Sustainability, Ecological Footprint.*

### Arilma Oliveira do Carmo Tavares

Engenheira Sanitarista e Ambiental e Mestre em Engenharia Ambiental Urbana (UFBA). Professora das Faculdades SENAI CETIND e FTC-Salvador

### Severino Soares Agra Filho

Engenheiro Químico. Doutor em Economia Aplicada (Desenvolvimento econômico, espaço e meio ambiente) (Unicamp). Professor Adjunto do Dep. Engenharia Ambiental/ Escola Politécnica /Universidade Federal da Bahia (UFBA).

## INTRODUÇÃO

A perspectiva de melhoria de condições e de qualidade de vida tem sido determinante na atratividade exercida pelas cidades sobre as populações. A cidade parece ser a forma que os seres humanos encontraram para viver em sociedade e prover suas necessidades (ALBERTI, 1994). As estatísticas falam por si: mais de 60% do PIB dos países desenvolvidos é produzido em áreas urbanas e se constata que 81% dos brasileiros vivem em cidades (IBGE, 2002). As cidades se tornam, portanto, lócus e cenário importante dos processos de mudanças sociais e, por sua vez, um espaço privilegiado para o exercício da cidadania. Para que tal ocorra, impõe-se, como premissa fundamental, o pleno cumprimento da sua função social, ou seja, que a cidade seja entendida como um espaço urbano cujo uso e ocupação ocorram de forma socialmente justa e ecologicamente sustentável.

A promoção da sustentabilidade ambiental impõe o conhecimento e o desenvolvimento de novos processos de apreensão da realidade que permitam a percepção integrada dos diferentes fatores sociais, econômicos e ecológicos. A condução dessa perspectiva exige, entre outros mecanismos, a definição de indicadores que relacionem as condições de sustentabilidade ambiental com os diferentes setores da produção social. Essa demanda consta objetivamente na AGENDA 21, que determina que os países devam desenvolver sistemas de monitoramento e avaliação do avanço para o desenvolvimento sustentável através do uso de indicadores que possam captar as mudanças nas dimensões: econômica, social e ambiental.

Atualmente, diversos países e entidades internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), através de suas instituições como a Comissão Econômica para

América Latina e o Caribe (Cepal) e a Comissão de Desenvolvimento Sustentável, bem como a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), têm desenvolvido esforços no sentido de estabelecer indicadores para a aferição e o monitoramento da trajetória das nações no caminho da sustentabilidade ambiental ou propor metodologias que possam contribuir para a escolha dos mesmos.

Muitos indicadores têm sido criados para tentar traduzir o grau de sustentabilidade, tanto do ambiente urbano quanto do planeta (Barômetro da Sustentabilidade, Painel da Sustentabilidade etc.). Entre eles, notam-se os indicadores de origem ecológica, que compreendem a disponibilidade dos recursos naturais, tais como: áreas bioprodutivas (plantação, pastagem, marítima etc.), minerais, água, assim como a qualidade do solo, ar, a biodiversidade, dentre outros.

Buscando se suprir a demanda por indicadores ecológicos, ou seja, que compreendam os limites da ecossfera, foi criada a Pegada Ecológica (PE) no Canadá, no início dos anos 90, pelos pesquisadores William Rees e Mathis Wackernagel. Esse indicador estabelece uma relação do consumo dos recursos naturais com a biocapacidade potencial da natureza para produzir e para assimilar os resíduos gerados, sinalizando se o ecossistema em análise já ultrapassou a sua própria biocapacidade.

Na pesquisa bibliográfica sobre a PE procedida preliminarmente, foram encontradas poucas aplicações no Brasil. Além disso, identificou-se que estas faziam uso de fatores de conversão internacionais, utilizavam categorias que não condiziam com a realidade local e relacionavam o consumo de água com a área de bacia hidrográfica. A pouca e frágil aplicação da PE no Brasil constatada em 2005 era justificada por se tratar

então de um indicador relativamente novo, sendo, portanto, ainda preciso realizar estudos mais aprofundados para sua maior compreensão e para fazer as adaptações necessárias à realidade local.

Essa constatação despertou o interesse na realização dessa pesquisa, visando contribuir com informações para uma futura sistematização de sua aplicação no Brasil. Nesse sentido, o presente artigo, baseados nos resultados da referida pesquisa, tem o objetivo de caracterizar e discutir os procedimentos de cálculo de aplicação adotados no Brasil, destacando os aspectos e respectivas necessidades de uniformização que permitam o estabelecimento de referências que possam efetivar a sua aplicação como indicador de comparação das PE dos municípios. Dessa forma, a partir da análise comparativa de resultados de PE aplicados no Brasil pretende-se evidenciar as diferenças obtidas, em função das distintas considerações que podem ser adotadas.

## METODOLOGIA

A condução metodológica da pesquisa considerou preliminarmente o devido conhecimento e apropriação do cálculo da PE. Após o entendimento da metodologia de cálculo e do seu suporte teórico, foi realizado um levantamento dos resultados das aplicações da PE realizadas no Brasil, visando à obtenção de dados que pudessem auxiliar no estudo comparativo pretendido e assim na identificação das particularidades locais.

Cabe salientar que a bibliografia acerca da PE disponível no Brasil é insuficiente para um aprofundamento sobre o método de seu cálculo, especialmente por se tratar de um indicador de origem canadense relativamente novo, criado na década de 1990. Desse

modo, a busca por publicações internacionais, especificamente aquelas produzidas pelos autores do método, foi permanente, sendo necessário manter contato com pesquisadores ligados às organizações internacionais que utilizam a PE.

A escolha das aplicações feitas no Brasil para a realização do estudo comparativo foi baseada em dois critérios: a) ser resultado de pesquisas de mestrado e/ou doutorado e b) apresentar o memorial de cálculo da pegada. Dessa forma, foram considerados os resultados dos estudos sobre os seguintes locais:

- Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará (LEITE, 2001);
- Cidades Satélites (Taguatinga, Ceilândia e Samambaia) – Distrito Federal (DIAS, 2002);
- Florianópolis – Santa Catarina (ANDRADE, 2006).

Como suporte metodológico, adotou-se a cidade do Salvador-Ba para um estudo prático do método, o que contribuiu também para se perceber a realidade local acerca da aplicação da PE. De posse dos valores das pegadas parcelares<sup>1</sup> obtidas para Salvador, foi realizada uma análise comparativa desses resultados com outros obtidos por pesquisadores no Brasil.

O ano definido para o cálculo da PE de Salvador foi 2006 sendo, portanto, adotado o valor da população local neste ano. Os valores do consumo dos diversos elementos considerados nas categorias de análise da PE e as produtividades adotadas deveriam ser referentes ao ano de análise (2006), mas a ausência de dados impediu que esse procedimento fosse adotado em todas as categorias.

<sup>1</sup> A PE total é formada por pegadas parcelares que se somam. Ex.: pegada do carbono, pegada do consumo de leite, pegada do consumo de carne bovina etc.

Outro procedimento da pesquisa foi a adoção do cálculo de PE parciais, relativas a categorias específicas (pegadas parcelares) que constituem a PE total. A partir dos valores das pegadas parcelares obtidas para Salvador, foi realizada uma análise comparativa desses resultados com outros estudos realizados no Brasil. Este procedimento, além de auxiliar em relação às dificuldades de disponibilidade de dados, propiciou observar a metodologia adotada em cada estudo, assim como conhecer os fatores de conversão adotados, as fontes de dados, as taxas de emissão e absorção de CO<sub>2</sub> e a produtividade média, subsidiando a análise acerca da aplicação do método da PE e no Brasil.

Para realizar o cálculo da PE, é necessário o levantamento de dados de diversos setores tais como, da agricultura, pecuária, pesca e energia. A complexidade desse tipo de pesquisa aumenta à medida que são inseridas novas categorias e componentes de análise, que tendem a tornar maior o valor da PE resultante. Para as categorias e unidades de análise adotadas neste estudo, foram realizados levantamentos de dados nas instituições relacionadas a seguir:

- Associação Brasileira da Indústria de Café – ABIC.
- Bahia Pesca - Órgão ligado à Secretaria de Agricultura da Bahia – SEAGRI.
- Bahia Pulp S/A – Indústria de Celulose.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES.
- Companhia de Gás da Bahia – Bahiagas.
- Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

- Secretaria de Infra-Estrutura do Estado da Bahia – SEINFRA.
- Empresa de Limpeza Urbana de Salvador – LIMPURB.
- União da Indústria Canaveira de São Paulo – UNICA.
- Votorantin – Indústria de Papel.

De posse dos resultados da PE para a cidade do Salvador, foi realizada uma comparação desses resultados com aqueles obtidos por outros estudos realizados no Brasil, para que fosse possível observar a metodologia adotada em cada estudo, assim como os fatores de conversão adotados, as fontes de dados, as taxas de emissão e absorção de CO<sub>2</sub> e a produtividade média. Isso possibilitou que a análise acerca da aplicação do método da PE no Brasil fosse subsidiada.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A PE é um indicador de sustentabilidade que aponta diretamente para a pressão exercida sobre os recursos naturais, sendo considerada como um indicador de sustentabilidade ecológica ou de sustentabilidade do consumo (MORAN *et al*, 2007). A demanda ecológica observada é o que se denomina de Pegada Ecológica: “o total de área de terra produtiva e de água demandada continuamente para produzir todos os recursos consumidos e para assimilar todos os resíduos produzidos por uma dada população” (REES e WACKERNAGEL, 1996), ou seja, quanto maior a PE maior a demanda (REES, 2000).

Desde a sua publicação em 1996, a PE tem sido constantemente aprimorada. As organizações *Redefining Progress* e *Global Footprint Network* têm sido as principais responsáveis pelas adaptações no método original da PE, originando o Método da Nação, que considera a produtividade média mundial e adota fatores de equivalência. O método original, denominado nessa pesquisa como Método da Produtividade Local (o

	Categoria	Caracterização
Território de Energia	Território apropriado pela utilização de energia fóssil	Território de energia ou CO2
Território consumido	Ambiente construído	Território degradado
Território atualmente Utilizado	Jardins	Ambiente construído reversível
	Terra para plantio	Sistemas cultivados
	Pastagem	Sistemas modificados
	Florestas plantadas	Sistemas modificados
Território com avaliação Limitada	Florestas intocadas	Ecossistemas Produtivos
	Áreas não produtivas	Desertos, capa polar

Tabela 1: Categorias de Território.

Fonte: Adaptado por Bellen (2006, p. 108) a partir de Wackernagel e Rees (1996).

nome do método original não foi identificado na literatura consultada), permite o uso da produtividade média local e não considera fatores de equivalência.

#### Metodologia de Cálculo

Para calcular a pegada, é necessário determinar as categorias de consumo a serem analisadas; por exemplo: alimentação, habitação, energia, bens e serviços etc. Cada categoria por sua vez, é formada por componentes de análise, por exemplo, a categoria alimentação tem como componentes: frutas, verduras, grãos, carnes etc. Ainda, uma categoria poderá ter subcategorias, por exemplo: alimentação tem como subcategorias “vegetal e animal”. Os componentes por sua vez podem ser subdivididos em unidades, tais como o componente “frutas” pode ter as unidades: maçã, laranja, uva etc. Os termos componentes e unidades foram definidos nessa pesquisa para facilitar o entendimento do método.

A escolha das categorias de consumo é realizada com base na realidade local, adotando aquelas mais significativas (REES e WACKERNAGEL, 1996). Outro fator importante na escolha das categorias é a disponibilidade de

dados necessários para o cálculo. O cálculo original da PE adota oito categorias de análise, conforme apresentado na Tabela 1, sendo todas referentes à terra, ou seja, não é considerado o recurso hídrico.

A equação da PE foi estruturada de forma similar à equação do impacto ambiental humano (REES e WACKERNAGEL, 1996, p. 230; REES, 2000, p. 372), apresentada a seguir:

$$I = P \times A \times T$$

(Equação 01)

Onde:

I = Impacto ambiental.  
P = População.  
A = Afluência (consumo material).  
T = Tecnologia.

A equação da PE é representada por meio da Equação 02, a qual possui relação entre consumo, tecnologia (associada à produtividade) e população:

$$PE = [\sum (C_i / P_i)] \times N \dots\dots\dots$$

(Equação 02)

Onde:

Ci: consumo médio per capita de cada bem.

Pi: produtividade média de cada bem.

N = população.

A produtividade média a ser adotada no método proposto é com base na produtividade média mundial, mas também pode ser utilizada a produtividade média local quando se busca realizar estimativas mais detalhadas.

Os produtos secundários (por exemplo: queijo, carvão vegetal, papel, farinha de mandioca etc.), estes devem ser transformados no bem primário por meio de fatores de conversão local (se produzidos localmente) para que assim, pela produtividade global do bem primário, haja a transformação em área produtiva.

Apenas uma classe de resíduo é adotada no cálculo, que é quantidade de CO<sub>2</sub> emitida, a partir do consumo de energia, sendo então calculada a área necessária para sequestrar o carbono (REES e WACKERNAGEL, 1996). Demais gases e resíduos sólidos não são considerados no cálculo.

As emissões de CO<sub>2</sub> são quantificadas, a partir da sua taxa de emissão específica para cada tipo de combustível. A partir do quantitativo de CO<sub>2</sub> emitido obtém-se o valor da área, adotando o fator de conversão

Itens Analisados	PE (gha/capita)	Descrição
Alimentos e Bebidas	1,33	Alimentos e bebidas consumidos em Cardiff e pelos serviços de refeições.
Energia doméstica	0,99	Eletricidade, gás, óleo e energias renováveis.
Viagem	0,99	Carro, ônibus, trem e avião.
Capital Investimento	0,74	Infra-estrutura (auto-estradas, vias férreas, pontes, estádios, lazer).
Bens consumíveis e duráveis	0,64	Roupas, equipamentos de tecnologia da informação, audiovisual, livros, móveis, eletrodomésticos etc.
Governo	0,41	Bens duráveis.
Serviços	0,26	Água, hospital, telefone, post, escolas, universidades, polícia, comercial, financeiro.
Habitação	0,16	Construção, manutenção e reforma.
Atividades de férias	0,1	Residentes do Reino Unido em férias no estrangeiro.
Outros	-0,03	Instituições sem fins lucrativos e turistas estrangeiros no Reino Unido.
<b>Total</b>	<b>5,59</b>	

Tabela 2: Pegada Ecológica de Cardiff.

Fonte: Collins, Flynn e Netherwood (2005, p. 13).

referente à capacidade de assimilação do carbono pela vegetação (kg C/ha). Originalmente, não é considerado o potencial dos oceanos em absorver o CO<sub>2</sub>, pois esta absorção varia em função da temperatura das águas (WACKERNAGEL e SILVERSTEIN, 2000).

O consumo de água não é contabilizado no cálculo original da PE, assim como as áreas de mar e de rio utilizadas na produção de pescado.

Após o cálculo, a PE é comparada com a capacidade de suporte ou biocapacidade local do ecossistema em estudo.

A biocapacidade é compreendida como sendo a área local produtiva, desprezando, portanto, as áreas consideradas improdutivas; tais como: os desertos, semiáridos e icebergs (REES e WACKERNAGEL, 1996). As áreas produtivas são aquelas destinadas para a pastagem, plantação, florestas, aquicultura.

Segundo Bellen (2006), o cálculo realizado em 1999, pelos

autores do método – *Ecological Footprint of Nations* – considerou que 12% da área bioprodutiva disponível devem ser destinados à preservação da biodiversidade. Não foi identificada na literatura se esse procedimento foi adotado na origem do método ou posteriormente.

Sempre que a PE for maior que a biocapacidade local, significa que há um *déficit* ecológico, ou seja, o saldo é negativo. Para um saldo positivo, equivale a dizer que a biocapacidade disponível está atendendo à demanda ecológica daquela população.

#### Aplicações

A PE pode ser aplicada em diferentes escalas, desde o planeta até um indivíduo. Segundo Wackernagel; Kitzes e Moran (2006), existem, provavelmente, mais de 100 estudos de PE aplicada para cidades, resultantes de projetos de pesquisa que buscam compreender a demanda das áreas urbanas pela natureza. No entanto, para as

cidades, não existem dados tão consistentes quanto para o cálculo da PE de uma nação.

Como exemplo de uma aplicação da PE para cidade, apresenta-se a realizada para a cidade de Cardiff, capital de Wales, que é um dos quatros países constituintes do Reino Unido da Grã Bretanha e da Irlanda do Norte. O cálculo da PE de Cardiff, com 307.300 habitantes em 2001, foi realizado a partir de uma parceria entre Centro de Pesquisa BRASS, da Universidade de Cardiff, Conselho de Cardiff e o Instituto Ambiental de Estocolmo, com duração de 2 anos, a partir de Janeiro/2003 (COLLINS, FLYNN e NETHERWOOD, 2005). Como resultado foi obtido, a PE de 5,59 gha/per capita para o ano de 2001, o que significa dizer que se a população mundial possuísse a mesma PE de um morador de Cardiff seriam necessários três planetas Terra (COLLINS, FLYNN e NETHERWOOD, 2005). A Tabela 2, apresenta as categorias de análise, utilizadas no cálculo da PE de Cardiff e suas respectivas PE parcelares.

Categoria	PE (ha/per capita)			
	RMF	DF	Florianópolis	Salvador
Grãos, legumes e frutas	0,14	-	-	0,058
Carne bovina	0,72	0,51	-	0,092
Papel	0,04	0,04	-	0,001
Gasolina	0,38	0,47	0,39	0,006
GLP	0,10	0,11	-	0,002
Resíduo Sólido	0,38	0,09	0,04	0,019
<b>Total</b>	<b>1,76</b>	<b>1,22</b>	<b>0,43</b>	<b>0,178</b>

Tabela 3: Resultados da PE para cada aplicação no Brasil considerada neste estudo

Itens Analisados	PE Total (ha)			
	RMF	Florianópolis	DF	Salvador
Gasolina	0,033	0,050	-	0,006
GLP	0,184	-	0,109	0,002
Resíduo Sólido	0,192	0,207	0,114	0,019
Carne bovina	0,727	-	0,321	0,092
Leite de vaca	0,045	-	-	0,041
Peixe água salgada	0,156	-	-	0,098
Papel	0,021	-	0,021	0,001
<b>TOTAL</b>	<b>1,359</b>	<b>0,257</b>	<b>0,565</b>	<b>0,259</b>

Tabela 4: Valores da PE obtidos a partir de cada autor em análise considerando o consumo e a população de Salvador em 2006

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização da comparação entre os métodos adotados nos estudos em análise, foram consideradas as categorias em comum entre as aplicações selecionadas. Dos três estudos apresentados, apenas Andrade (2006) adotou os fatores de equivalência recomendados pelo método da nação. Os demais estudos foram baseados no método da produtividade local. Dessa forma, os resultados de Andrade (2006) foram considerados nessa comparação sem a multiplicação pelo fator de equivalência de modo a torná-los compatíveis com o método da produtividade local.

A Tabela 3 apresenta os valores parcelares da PE obtidos para cada categoria de análise comum aos estudos realizados no

Brasil e que foram consideradas neste estudo, assim como os resultados obtidos na aplicação realizada para a cidade do Salvador.

Conforme os dados da Tabela 3 indicam, o valor obtido para a PE de Salvador é significativamente inferior aos demais valores das PE apresentados nessa Tabela. Mesmo em relação à PE de Florianópolis, cidade em que são analisadas apenas as categorias gasolina e resíduos sólidos, o valor da PE total de Salvador é menor. Esses valores suscitam questionamentos relevantes sobre o significado dos valores obtidos, tais como: pode-se afirmar que a constatação indica que o padrão de consumo do soteropolitano é baixo? Será que na RMF, por exemplo, o padrão de consumo é muito elevado? Subsidiar a discussão

dessas questões é o propósito maior deste artigo.

Para subsidiar uma resposta a esses questionamentos foi realizado o cálculo da PE estabelecendo-se como variável constante o consumo *per capita* em Salvador no ano de 2006 e aplicando-se os distintos critérios de cálculo dos estudos selecionados. Desse modo, pretende-se evidenciar as diferenças existentes. Os resultados obtidos estão sistematizados na Tabela 4.

Os dados constantes da Tabela 4 correspondem, portanto, aos valores da PE parcelares determinados para a cidade de Salvador, caso fossem adotados os mesmos fatores de conversão, taxa de absorção e emissão de carbono etc. utilizados pelos estudos selecionados. A partir desses dados, procede-se a seguir a uma discussão e análise comparativa dos resultados

Local	Total Emitido (T CO <sub>2</sub> )	PE (ha/per capita)
<b>Gasolina</b>		
RMF	952.784,354	0,033
Florianópolis	1.356.506,54	0,050
Salvador	97.054,6669	0,006
<b>GLP</b>		
RMF	533.735,040	0,184
DF	533.735,040	0,109
Salvador	154.239,178	0,002

Tabela 5: Pegada Ecológica da Gasolina e GLP para os diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando o consumo per capita em Salvador em 2006

Local	Emissão CO <sub>2</sub> (kg)	PE Total (ha/per capita)
Salvador	1.511.938.446	0,019
DF	555.735.896	0,114
Florianópolis	555.735.896	0,207
RMF	555.735.896	0,192

Tabela 6: Pegada Ecológica dos Resíduos Sólidos nos diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando a geração per capita de resíduos em Salvador em 2006

obtidos por categoria com o objetivo de evidenciar as diferenças observadas para as distintas taxas de emissão, absorção etc. adotadas nos estudos selecionados.

- Gasolina e GLP

Para se determinar a PE da Gasolina e GLP ou a área necessária para assimilar o CO<sub>2</sub> emitido pela queima dos combustíveis fósseis, foram considerados os distintos valores de taxas de emissão de CO<sub>2</sub> para cada combustível, assim como as taxas de absorção do CO<sub>2</sub> pela vegetação e pelo oceano aplicadas nos estudos analisados. Nas aplicações observadas, cada autor adotou valores distintos, conforme mostra a Tabela 5.

Cabe esclarecer que a determinação da PE do consumo de gasolina pelo DF não foi considerada nessa análise diante da impossibilidade de se dispor do valor

da quilometragem exigido para a aplicação do cálculo adotado por Dias (2002) de 24 g de CO<sub>2</sub>.km<sup>-1</sup> estabelecido pela resolução do Conama nº. 18/86.

A partir da Tabela 5, nota-se que a PE de Salvador foi significativamente inferior nos dois casos (gasolina e GLP). Essa diferença se justifica pelos parâmetros adotados nos diferentes estudos:

**Taxa de Emissão CO<sub>2</sub> pela queima da gasolina:**

RMF: 3,63 kg CO<sub>2</sub> .L<sup>-1</sup> (VINE *et al.*, 1997 *apud* LEITE, 2001).  
 Florianópolis: 2,63 kg CO<sub>2</sub> .L<sup>-1</sup> (VINE *et al.*, 1991 *apud* DIAS, 2002).  
 Salvador: 2,21 kg CO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> (CARMO, 2008).

**Taxa de Emissão CO<sub>2</sub> pela queima do GLP:**

RMF: 88 kg CO<sub>2</sub> /13 kg GLP = 6,77 kg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> GLP (DIAS, 1999 *apud* LEITE, 2001).

DF: 88 kg CO<sub>2</sub> /13 kg GLP = 6,77 kg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> GLP (DIAS, 2002).

Salvador: 2,92 kg CO<sub>2</sub> /kg GLP (CARMO, 2008).

**Taxa de Absorção de CO<sub>2</sub> pela vegetação:**

RMF: 1,07 t CO<sub>2</sub> .ha<sup>-1</sup> (DAJOZ, 1978 *apud* LEITE, 2001).

Florianópolis: 1 t CO<sub>2</sub> .ha<sup>-1</sup> (IPCC, 2001 *apud* ANDRADE, 2006).

DF: 1,8 t CO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup> (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

Salvador: 29,36 t CO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup> (JUVENAL e MATOS, 2002 *apud* CARMO, 2008).

**Taxa de Absorção de CO<sub>2</sub> pelo mar:**

Salvador: 33% – referente à média mundial (IPCC, 2001 *apud* MONFREDA, WACKERNAGEL e DEUMILING, 2004).

Estudo	PE (ha/per capita)
Salvador	0,091
DF	0,321
RMF	0,727

Tabela 7: Pegada Ecológica do Consumo de carne Bovina para os diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando o consumo *per capita* em Salvador em 2006

Estudo	PE (há/per capita)
Salvador	0,001
DF	0,021
RMF	0,021

Tabela 8: Pegada Ecológica do Consumo de Papel para os diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando o consumo *per capita* em Salvador

Além da redução em 33% devido à contribuição dos oceanos na absorção do CO<sub>2</sub>, no cálculo da PE de Salvador foi considerada também uma elevada taxa de absorção de CO<sub>2</sub> pela vegetação, que condiz com a capacidade do ecossistema brasileiro. Para o Canadá, por exemplo, segundo Juvenal e Matos (2002) a referida taxa é de apenas 0,6 T C/ha, ou seja, 2,2 T CO<sub>2</sub>/ha. Sendo assim, justifica-se o baixo valor da PE de Salvador para o consumo de gasolina e GLP em relação aos demais estudos em análise aplicados no Brasil.

- Resíduos Sólidos

Para a determinação da área de assimilação de CO<sub>2</sub> emitido pelos aterros sanitários, o cálculo da PE foi realizado considerando-se a geração anual de resíduos sólidos de Salvador nos diferentes estudos. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

A PE de Salvador foi inferior às PE obtidas pelos outros estudos, porque se utilizou uma taxa de absorção pela vegetação muito superior, se comparada aos demais estudos. Utilizou-se também a taxa de absorção pelo mar. Destarte, para Salvador, considerou-se uma

taxa de emissão de CO<sub>2</sub> pelos aterros sanitários maior do que a taxa adotada pelos outros estudos.

**Taxa de emissão de CO<sub>2</sub> pelos resíduos no aterro sanitário:**

Salvador: 1,34 kg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> resíduo sólido (CARMO, 2008).

Outros: 0,33 kg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> resíduo sólido <sup>2</sup> (DECICCO *et al*, 1991 *apud* DIAS, 2002).

**Taxa de absorção de CO<sub>2</sub> pela vegetação:**

RMF: 1,07 t CO<sub>2</sub> .ha<sup>-1</sup> (DAJOZ, 1978 *apud* Leite, 2001).

Florianópolis: 1 t CO<sub>2</sub> .ha<sup>-1</sup> (IPCC, ---- *apud* ANDRADE, 2006).

Distrito federal: 1,8 t CO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup> (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

Salvador: 29,36 t CO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup> (JUVENAL e MATOS, 2002).

**Taxa de absorção de CO<sub>2</sub> pelo mar:**

**Salvador:** 33% – referente à média mundial (IPCC, 2001 *apud* MONFREDA, WACKERNAGEL e DEUMILING, 2004).

<sup>2</sup> 1,35 kg de resíduo sólido produzem 0,45 kg de CO<sub>2</sub>, ou seja, 0,33 kg CO<sub>2</sub>/kg resíduo sólido.

Com relação à taxa de emissão de CO<sub>2</sub> pelos resíduos sólidos em decomposição no aterro sanitário, o valor adotado pelo estudo de Salvador partiu de dados locais como pode ser verificado em Carmo (2008). Já os demais autores adotaram um valor correspondente à realidade de outra região que difere da realidade brasileira já que o Brasil possui um clima tropical favorável para os processos de decomposição biológica e, conseqüentemente para a emissão de metano nos aterros. Sendo assim, justifica-se o baixo valor da PE de Salvador para os resíduos sólidos urbanos em relação aos demais estudos em análise aplicados no Brasil.

- Carne bovina

Além do estudo para Salvador, Dias (2002) e Leite (2001) realizaram o cálculo da PE do consumo de carne bovina. Mais uma vez, a PE de Salvador apresentou-se inferior à obtida pelos demais estudos, conforme apresentado na Tabela 7.

A diferença nos parâmetros adotados justifica a discrepância entre os resultados obtidos, especialmente com relação à

capacidade de suporte da área de pastagem:

#### **Peso útil do animal (kg)**

Salvador: 210 kg (ZIMMER e EUCLIDES FILHO, 1997 *apud* EMBRAPA, 2003).

DF: 230 kg (FRIGORÍFICO FRICOPY, -- *apud* DIAS, 2002).

RMF: 33 kg.ha<sup>-1</sup> (3) (WACKERNAGEL *et al*, 1999 *apud* LEITE, 2001).

#### **Capacidade de suporte da pastagem (UA/ha)**

Salvador: 0,9 UA.ha<sup>-1</sup> (ZIMMER e EUCLIDES FILHO, 1997 *apud* EMBRAPA, 2003).

DF: 4 ha.UA<sup>-1</sup>, ou seja, 0,25 UA.ha<sup>-1</sup> (FRIGORÍFICO FRICOPY; Sindicato Varejista de Carnes Frescas do Distrito Federal e Bastos, 1997 *apud* DIAS, 2002).

RMF: 33 kg.ha<sup>-1</sup> (CES, 1999 *apud* LEITE, 2001), equivalente, aproximadamente, a 6,7 ha.UA<sup>-1</sup>, ou seja, 0,15 UA.ha<sup>-1</sup>.

Nesse caso, a fonte de dados adotada por Dias (2002) tende a refletir a realidade local, enquanto que os dados utilizados no estudo de Salvador representam a média nacional e o estudo da RMF, a realidade do México.

Outro aspecto a ser observado é que o gado leiteiro no final de sua vida produtiva é aproveitado para o abate. Desta forma, no cálculo da PE de Salvador esse aspecto foi considerado no sentido de se evitar que houvesse uma superposição de PE (consumo de carne bovina e consumo de leite), isso foi considerado no cálculo desse indicador. Dessa forma, da quantidade de gado de corte calculado na PE do consumo de carne, fez-se uma redução que corresponde a 20% do total do gado leiteiro calculado na PE do consumo de leite. Assim, reduziu-se a PE do consumo de carne bovina. O valor

de 20% foi recomendado por Embrapa, 2008.

#### • Papel

A PE do consumo de papel em Salvador apresentou valor inferior aos obtidos por Dias (2002) e Leite (2001), conforme pode ser verificado na Tabela 8.

A diferença nos parâmetros adotados justifica a discrepância entre os resultados, especialmente com relação à produtividade da madeira.

#### **Conversão de Papel em Madeira:**

##### **Salvador:**

480 kg papel/m<sup>3</sup> de madeira (BAHIA PULP, 2008).

DF: 1,8 m<sup>3</sup> de madeira para 1 t de papel, ou seja, 555 kg papel/m<sup>3</sup> de madeira (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

RMF: 1,8 m<sup>3</sup> de madeira para 1 t de papel, ou seja, 555 kg papel/m<sup>3</sup> de madeira (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* LEITE, 2001).

#### **Produtividade da madeira:**

Salvador: 45 m<sup>3</sup>/ha/ano - valor médio no Brasil (TONELLO, 2006).

DF: 2,3 m<sup>3</sup>/ha/ano (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

RMF: 2,3 m<sup>3</sup>/ha/ano (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* LEITE, 2001).

Os fatores de conversão de papel em madeira adotados não foram tão distintos. No entanto, a produtividade da madeira diferiu significativamente. O valor adotado pelo estudo de Salvador foi baseado na realidade brasileira, enquanto que os demais estudos consideraram o valor recomendado por Rees e Wackernagel para florestas tropicais. Por isso, justificase a diferença nos valores obtidos.

#### • Pescado de água salgada

Além do estudo de Salvador, somente a RMF

considerou o consumo de pescado de água salgada no cálculo da PE, sendo os seguintes: RMF 0,153 ha/*per capita* e Salvador 0,098 ha/*per capita*. A diferença observada entre os parâmetros adotados está relacionada à produtividade marítima que RMF adotou 29 kg.ha<sup>-1</sup> e o estudo de Salvador adotou 46 kg.ha<sup>-1</sup>. A fonte usada por Leite (2001) foi a instituição mexicana (CES, 1999 *apud* Leite, 2001), enquanto que para Salvador foi usado um valor estimado a partir da produção local e da área da plataforma continental do município, conforme Carmo (2008).

#### • Leite de vaca

Além do estudo de Salvador, somente Leite (2001) considerou o consumo de leite de vaca no cálculo da PE. Os valores da PE do consumo de leite para Salvador e RMS foi respectivamente 0,041 ha/*per capita* e 0,045 ha/*per capita*. Observou-se que há diferença entre os parâmetros adotados. O estudo da RMF considerou um fator de conversão de 502 kg para derivado de leite/ha de pastagem, obtido a partir de Wackernagel e outros (1999) *apud* Leite (2001). Já o estudo de Salvador adotou valores específicos para cada tipo de derivado (iogurte, leite em pó, requeijão cremoso, queijo etc.), de acordo com uma tabela de conversão fornecida por Neves *apud* Embrapa (ano desconhecido).

## **CONCLUSÕES**

A PE é considerada como um indicador de sustentabilidade ecológica ou de sustentabilidade do consumo, pois avalia diretamente a pressão exercida sobre os recursos naturais oriunda dos padrões de produção e de consumo, fornecendo, indiretamente, informações de cunho econômico e social. No entanto, vale ressaltar que

<sup>3</sup> Nesse caso, o consumo total de carne foi dividido pela produtividade, obtendo-se a área de pastagem.

esse indicador compreende apenas parte do aspecto ecológico.

A comparação realizada entre algumas aplicações da PE em cidades brasileiras evidenciou a necessidade da adoção de fatores de conversão, de produtividade e de taxas de emissões e assimilação de carbonos coerentes com a realidade local, para que assim, possam ser reduzidos os erros associados ao método.

O uso de dados incoerentes com a realidade local muitas vezes se dá devido à ausência de informações atualizadas e consistentes, o que demonstra a fragilidade da gestão da informação no Brasil. Dessa forma, tais situações foram observadas:

- Adoção de dados regionais em detrimento das informações locais;
- Adoção de fatores de conversão e taxas de emissão e de absorção de carbono que não representam as características locais;
- Adoção de um ano de referência muito anterior ao ano de realização da pesquisa;
- Insuficiência de dados para determinadas categorias de análise.

Pelo exposto, não é adequado realizar comparações entre valores de PE total de localidades distintas (valor agregado) e, sim, entre valores parcelares, pois as condições de contorno que envolvem cada cálculo são diferenciadas e, portanto, devem ser reconhecidas para evitar equívocos na interpretação dos resultados. Para tanto, faz-se necessário abrir o memorial de cálculo da PE quando da sua divulgação para que estejam explícitos os critérios adotados nesses cálculos.

A PE deve ser compreendida não apenas como um número agregado para a gestão ambiental (seja de uma cidade, estado ou país), pois o mais

importante é o seu conteúdo, ou seja, cada pegada parcelar e os dados de produção e consumo associados. Sendo assim, torna-se indispensável o estabelecimento de procedimentos de uniformização de critérios para que a PE possa ser comparativa e cumprir suas funções precípuas de indicador.

## REFERÊNCIAS

ALBERTI, M.; SOLERA, G.; TSETSI, V. **La città sostenibile**. Itália: Legambiente, 1994.

ANDRADE, B. B. **Turismo e Sustentabilidade no Município de Florianópolis**: uma Aplicação do Método da Pegada Ecológica. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

BAHIA PULP S.A. – Fábrica de Celulose. Publicação Eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <arilmacarmo@yahoo.com.br> em 25 jan. 2008.

BELLEN, H. M. V.. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 256 p.

CARMO, A. O. **Pegada Ecológica**: Possibilidades e Limitações a partir de sua Aplicação para a Cidade do Salvador-Ba. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Bahia, 2008.

COLLINS, A.; FLYNN, A.; NETHERWOOD, A. **Reducing Cardiff's Ecological Footprint. A resource accounting tool for sustainable consumption**. March, 2005. Disponível em: <[http://www.cardiff.gov.uk/content.asp?Parent\\_Directory\\_id=2865&nav=2870,3148,4119](http://www.cardiff.gov.uk/content.asp?Parent_Directory_id=2865&nav=2870,3148,4119)> Acessado em: 13 out. 2007.

DIAS, G. F. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. As Dimensões Humanas das Alterações Globais – Um Estudo de Caso Brasileiro (Como o Metabolismo Ecosistêmico Urbano Contribui para as Alterações Ambientais Globais). São Paulo: Gaia, 2002.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Embrapa Pecuária Sudeste. **Produção de Carne em Pastagens Adubadas**. Corrêa, L. A.; Santos, P. M. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorde/BovinoCorteRegiaoSudeste/producaoocarne.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2007.

\_\_\_\_\_. Embrapa Gado de Leite. **Índices para a conversão de produtos lácteos em equivalente leite de origem**. Ano desconhecido. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/industria/tabela0430.php>> Acesso em: 15 nov. 2007.

\_\_\_\_\_. Publicação Eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[arilmacarmo@yahoo.com.br](mailto:arilmacarmo@yahoo.com.br)> em 20 fev. 2008.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro. 2002. n. 2. 195 p.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O Setor Florestal no Brasil e a Importância do Reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

LEITE, A.M.F. **Estudo de Sustentabilidade Sócio-Ecológico Urbano através da Pegada ecológica**: região metropolitana de Fortaleza/CE. 2001. 142 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

MONFREDA, C., WACKERNAGEL, M. & DEUMLING, D. 2004. **Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments.** Land Use Policy, 21, p. 231-246, 2004.

MORAN, D. M. WACKERNAGEL, M; KITZES, J.A; *et al.* **Measuring sustainable development — Nation by nation.** Ecological Economics (2007), doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.08.017.

REES, W. E. **Eco-footprint analysis: merits and brickbats.** COMMENTARY FORUM: THE ECOLOGICAL FOOTPRINT. Ecological Economics, 32 (2000) 371-374.

REES, W. E.; WACKERNAGEL, M. **Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable – and why they are the key to sustainability.** Elsevier Science Inc. Environ Impact Assess Rev 1996; 16:223-248.

TONELLO, K. C. *et al.* **O Destaque Econômico do Setor Florestal Brasileiro.** Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2006. Disponível em: <<http://www.cori.unicamp.br/CT2006/trabalhos/O%20DESTAQUE%20ECONOMICODOC>>. Acesso em: 06 nov. 2007.

WACKERNAGEL, M. SILVERSTEIN, Judith. **Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint.** COMMENTARY FORUM: THE ECOLOGICAL FOOTPRINT. Ecological Economics 32 (2000) 391–394.

WACKERNAGEL, M.; KITZES, J. MORAN, D. *et al.* **The Ecological Footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand.** Environment & Urbanization. Vol. 18, No 1, April 2006.



**ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**

Av. Beira-Mar, 216, 13º andar  
Castelo | Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20021-060  
Tel: (21) 2277-3900 Fax: (21) 2262-6838

[www.abes-dn.org.br](http://www.abes-dn.org.br)