



## UMA ABORDAGEM SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL A PARTIR DA SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA: A QUESTÃO DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS

Jailson Vanderley Santos<sup>1</sup>

Jonh Lennon J. Almeida<sup>2</sup>

Maria Leosandra da Silva<sup>3</sup>

Éverton da Paz Santos<sup>4</sup>

### RESUMO:

Este estudo objetiva discutir uma proposta para o ensino de Química, especificamente a aprendizagem de entropia através da segunda Lei da termodinâmica por meio da desordem de resíduos eletrônicos presentes no planeta. A abordagem foi desenvolvida com 20 alunos matriculados numa turma de 3ª Série do Ensino Médio no Colégio Estadual Prof. João Costa, levou em consideração aspectos da educação ambiental no sentido a contribuir com formação crítica dos alunos. A intervenção executada mostrou novas possibilidades de mediação do conteúdo, apresentando um avanço satisfatório na evolução conceitual, a conscientização e o pensamento crítico dos alunos por questões ambientais foram despertados quanto aos descartes incorretos não só dos resíduos em questão, mas de uma forma geral.

**Palavras chave:** Educação ambiental. Entropia. Resíduos eletroeletrônicos.

18

## THE DISORDER OF ELECTRONIC WASTE IN THE PLANET THROUGH THE SECOND LAW OF THERMODYNAMIC FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION

### ABSTRACT:

This study aims to discuss a proposal for the teaching of chemistry, specifically the entropy of learning through the second law of thermodynamics highlighting the disorder of electronic waste on the planet. The approach was developed with 20 students enrolled in a 3rd year High School class in the State College Prof. João Costa, and considered aspects of environmental education in order to help with critical thinking. The intervention performed pointed to new possibilities for content mediation, presenting satisfactory progress in the conceptual development and awareness within students of the theme. Student's critical thinking about environmental issues was awakened concerning the incorrect disposal not only of the waste in question, but in general.

**Keywords:** Environmental education. Entropy. Electronic waste.

<sup>1</sup> Licenciado em Química pela Faculdade Pio Décimo, Aracaju- Sergipe- Brasil - E-mail: <vanderleypiox@hotmail.com>

<sup>2</sup> Licenciado em Química pela Faculdade Pio Décimo, Aracaju- Sergipe- Brasil - E-mail: <jonhlennonmm@gmail.com>

<sup>3</sup> Licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, Aracaju- Sergipe- Brasil - E-mail: <leosandrasilva@hotmail.com>

<sup>4</sup> Licenciado em Química pela Faculdade Pio Décimo e Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal de Sergipe, Aracaju-Sergipe- Brasil. E-mail: <eda-paz@hotmail.com>

## INTRODUÇÃO

A segunda lei da termodinâmica é, também conhecida como lei da entropia, que mede o grau de ordem ou desordem de um sistema, sua organização. Todas as coisas tendem à desordem com o tempo, por exemplo, máquinas quebram, ocorre evaporação de líquidos a gases, etc. e isto faz que a entropia no universo aumente. Sob essa luz se entende que o fato de o lixo eletroeletrônico causar desordem ao meio ambiente, seria uma proposta viável para estudar o conteúdo entropia, especificamente discutido em Termodinâmica. Observa-se ainda uma íntima relação da temática com o ensino de Química, pois, promove uma visão ampliada da abordagem de conteúdos químicos a partir deste tema. Para Camargo (2009) a termodinâmica pertence ao mundo macroscópico, que lida com as reais possibilidades e os limites os quais podem ser alcançados por nossos corpos e máquinas, e torna a temática popular no ensino de ciências. A indústria da informação é um mercado que cresce a taxas expressivas e é devido à busca de informações em tempo real associado ao fascínio e à atração dos jovens por equipamentos eletroeletrônicos mais modernos, que faz brotar o desejo de substituir os equipamentos antigos por outros, e com essa substituição em um curto espaço de tempo ocorre uma desordem no meio ambiente devido à forma de descartar desses bens de consumo.

19

Os componentes eletroeletrônicos estão configurados como resíduos, e é de suma importância compreender o que são resíduos sólidos, entendidos como sinônimo de lixo, e sendo considerado todo material que é rejeitado e/ou produzido, descartado em qualquer atividade, sejam em ambientes domiciliares, instituições ou nas indústrias. Na visão de Filho-Dreer et al (2006), o descarte de equipamentos eletrônicos traz grande prejuízo ao meio ambiente, no entanto, também pode representar novas oportunidades, de negócio e aprendizado para instituição geradora dos resíduos e de quem faz o gerenciamento.

Faz parte dos resíduos eletrônicos todo material gerado a partir de aparelhos eletrodomésticos ou eletroeletrônicos e seus componentes, inclusive pilhas, baterias e produtos magnetizados. Os metais como o mercúrio, chumbo, cádmio, manganês e níquel são alguns dos metais pesados presentes nesses aparelhos. Um exemplo muito comum é na soldagem de computadores, a qual se usa chumbo; no visor do celular, mercúrio. Nas pilhas, usa-se índio (In) – metal parecido com o zinco – e manganês, depois que foram abolidos o cádmio e o mercúrio, os quais são mais tóxicos. Quando descartados de forma incorreta, no lixo comum, essas substâncias são liberadas e penetram no solo, contaminando lençóis freáticos, rios, mares e, aos poucos, chegam aos animais e seres humanos. Corroborando com esta ideia Celinski et al (2011) discutiu

em seu trabalho um estudo realizado sobre a questão do lixo eletrônico no município de Ponta Grossa, com o objetivo de caracterizá-lo, classificá-lo, conhecer os riscos e danos para o ser humano e para o meio ambiente, assim como a legislação vigente. E concluíram que foi possível estabelecer as dimensões do problema do acúmulo do lixo eletrônico no município estudado mostrando a necessidade de realizar ações para sua gestão.

Nesse contexto é perceptível uma forma de minimizar o grau de desordem do ambiente seria uma educação reflexiva não apenas no tocante ao sistema de coleta seletiva, uma vez que, este impacto ao ambiente pode ser irreversível. Lutfi (1992) mostra a Química do cotidiano não como um modismo, mas dentro de uma concepção que destaque seu papel social, mediante uma contextualização social, política, filosófica, econômica e ambiental. Além disso, é preciso investir em políticas públicas, principalmente na área de Educação Ambiental, uma vez que contribui de forma significativa para o processo de formação do cidadão, tornando-o consciente dos problemas que afetam diretamente a sociedade na qual está inserido. Muitos autores discutem a importância do enfoque da Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS) e a Educação Ambiental (EA) com uma perspectiva crítica e progressista no Ensino de Ciências, no ambiente escolar envolvendo a formação de educadores, conforme pode ser visto no trecho a seguir:

20

[...] é importante que os educadores coerentes com os princípios de CTS e da EA propiciem a interpretação das questões socioambientais cotidianas, no sentido do encaminhamento de abordagens problematizadoras, tais como as necessidades e desejos na nossa sociedade de consumo; insustentabilidade de um modelo de “desenvolvimento” que gera uma legião de excluídos, uma das piores faces da degradação ambiental; os conflitos e/ou conflitos que envolvam poderosos interesses econômicos em jogo, como a exploração de recursos minerais ou o uso da água enquanto recurso finito e indispensável à vida. (SANTOS, et al, 2010, p. 146).

Assim, este trabalho tem como objetivo discutir uma proposta para o ensino de Química baseado na relação entre a entropia e a desordem causadas no planeta pelo descarte inadequado de resíduos eletrônicos. Para tal, a presente argumentação leva em consideração aspectos da educação ambiental no sentido de contribuir com a conscientização dos alunos para a ampliação dos conhecimentos sobre a temática.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa apresenta característica descritiva e com aspectos qualitativos e quantitativos. Foi desenvolvida com 20 alunos matriculados numa turma de 3ª série do Ensino Médio no Colégio

Estadual Prof. João Costa, localizado na cidade de Aracaju – SE. Foram realizadas aulas expositivas discursivas, durante a de Estágio Supervisionado em Química com um total de quatro encontros em 2013. Utilizamos os quatro momentos da metodologia dialética de Arnoni (2003), os quais estão configurados entre um ponto de partida, uma situação problema, o saber aprendido e o ponto de chegada:

**Resgatando:** momento apresentado como ponto de partida, a fim de registrar a representação imediata do aluno sobre o saber científico em foco. Nesta etapa foi aplicado um questionário pré-elaborado com perguntas abertas e fechadas com os conteúdos a serem desenvolvidos num total de cinco questões, mediante a participação de forma voluntária, para que possa ter uma noção do conhecimento prévio do aluno uma vez que já tinham estudado entropia.

**Problematizando:** nesse momento ocorre a mediação do conteúdo contrapondo ou não o saber imediato do aluno, apontando uma situação-problema. Os alunos foram questionados sobre os problemas que o descarte dos resíduos eletrônicos pode causar ao meio ambiente, e se a problemática apresenta alguma relação com o conteúdo entropia.

**Sistematizando:** é quando ocorre um diálogo entre o professor e o aluno diante da situação-problema proposta, com o intuito de elaborar o saber científico. Nesse momento o mediador deve sistematizar o que o aluno sabe do conhecimento científico em questão. Foi realizada uma apresentação de 3 (três) vídeos para um melhor entendimento e visualização dos conteúdos. Em seguida houve um debate. Além de ministrar aula expositiva acerca dos principais metais presentes numa placa mãe e numa fonte de energia de computador e como essas peças podem danificar o meio ambiente.

**Produzindo:** é considerado o ponto de chegada, no qual o aluno elabora ou produz o que entendeu do conteúdo. Essa produção pode ser por meio de uma síntese, sendo esta avaliada a sua forma de expressão. Caso o aluno não produza da forma desejada, ou seja, cientificamente, resgata-se novamente no ponto de partida quando necessário. Foi aplicado um novo questionário com questões abertas e fechadas com os mesmos critérios do primeiro momento, sendo que, neste momento teve como objetivo avaliar o que “ficou do conteúdo” ministrado e discutido em sala de aula. Após a coleta de dados, os mesmos foram avaliados e discutidos na forma de quadro e gráficos percentuais.

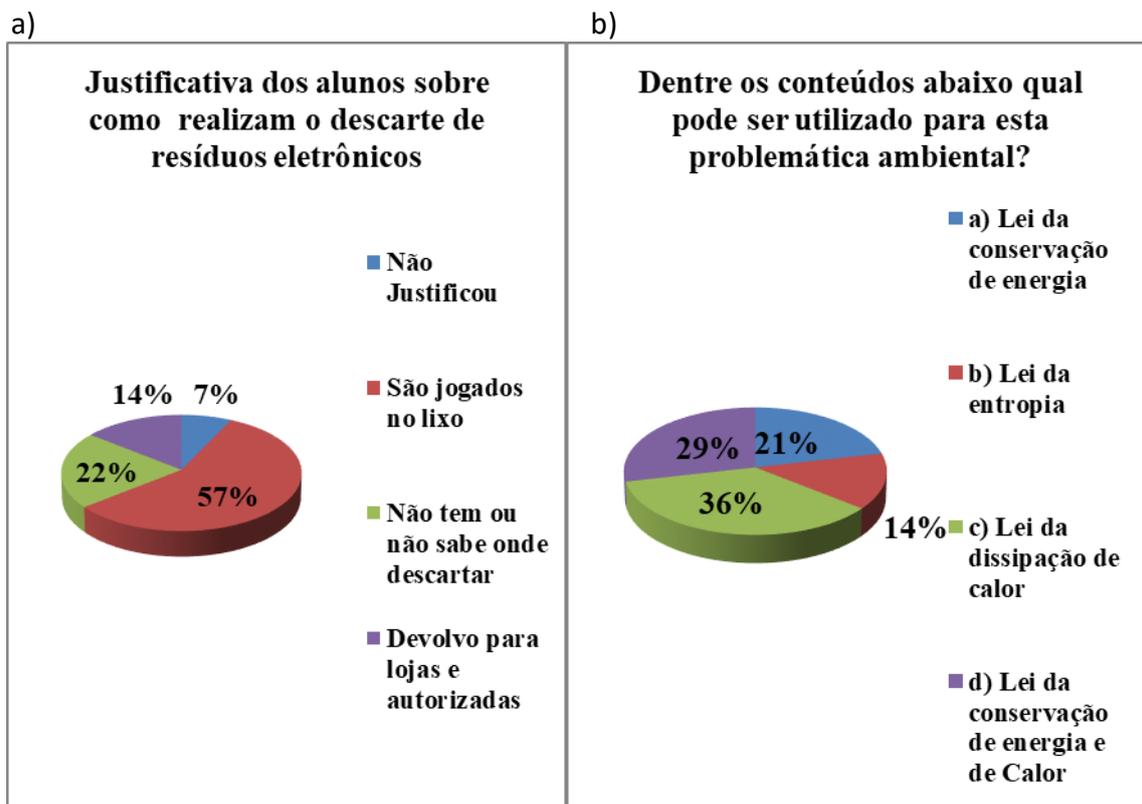
21

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Esta pesquisa diagnosticou, inicialmente, o que os alunos entendiam sobre o tema. O momento seguinte foi formar os alunos sobre a temática, com uma abordagem contextualizada. Após isso, avaliação da aprendizagem dos conteúdos.

**Resgatando:** Este levantamento foi advindo da aplicação de um questionário diagnóstico composto de 5 (cinco) questões, dentre as quais procurou-se detectar conceitos subsunçores sobre entropia e sua relação com a desordem no planeta. Os principais resultados da avaliação desta pesquisa em relação ao senso comum dos alunos encontram-se na Figura 1 e Quadro 1. De acordo com a Figura 01, Gráfico a, sobre como realizam os descartes dos resíduos eletrônicos, 57% afirmaram que descartam os resíduos eletrônicos no lixo, neste caso no lixo comum; 22% não sabem ou não têm a informação suficiente para realizar este tipo de descarte; 14% dos alunos afirmam devolver os aparelhos eletrônicos para as autorizadas e lojas de venda e 7% dos alunos não souberam justificar. Quanto à Figura 01 e o Gráfico B, relativos ao conceito científico que pode ser utilizado para estudar a problemática ambiental, observou-se a dificuldade de entendimento dos alunos sobre a correlação do conteúdo da segunda lei da termodinâmica e a geração e descarte de resíduos eletrônicos, apenas 14% associaram as duas abordagens.

Figura 1 – Justificativa dos alunos no tocante ao descarte dos aparelhos eletrônicos.



Fonte: Autores (2017).

**Problematizando:** Quando os alunos foram instigados a posicionar-se a respeito de dizer se é possível relacionar o aumento exagerado no consumo de equipamentos eletroeletrônicos, meio

ambiente e a segunda lei da Termodinâmica foi perceptível a subjetividade nas respostas conforme a Quadro 01.

**Quadro 01** - Indicações de respostas dos alunos sobre a questão: “Do seu ponto de vista podemos fazer uma relação entre o aumento exagerado no consumo de equipamentos eletroeletrônicos, meio ambiente e a segunda lei da termodinâmica?”

Opções de resposta	% de respostas
a) Não vejo nenhuma relação entre a segunda lei da termodinâmica e o consumo exagerado de equipamentos eletroeletrônicos e meio ambiente.	15%
b) Podemos, já que o mesmo causa uma desordem. E desordem faz referência a estudo da termodinâmica.	23%
c) Tem uma relação direta, já que é a segunda lei da termodinâmica que estuda o consumo de equipamentos eletroeletrônicos e o meio ambiente.	39%
d) Tem uma relação direta já que através da segunda lei da termodinâmica que estudamos sobre temperatura e aquecimento global.	23%

Fonte: Autores (2017).

De acordo com o Quadro 01, apenas 23% dos alunos indicaram a resposta correta, item b, mostrando desconhecimento da temática. A maioria associou a temática ao item c. Os estudantes foram estimulados a apresentar os possíveis problemas relacionados à desordem mundial, foi possível perceber vários apontamentos por parte dos mesmos. A saber, 28% e 13% dos alunos apontaram, respectivamente, a produção de lixo e o crescimento populacional como os causadores da desordem mundial, enquanto, 36% afirmam o desmatamento e 23% salientaram o desgaste de equipamentos eletrônicos. Estes resultados mostraram um conhecimento do senso comum que pode ser utilizado para expor a temática.

**Sistematizando:** a aula expositiva contextualizada discorreu sobre associação de entropia, desordem do planeta e educação ambiental. O objetivo dessa parte do trabalho foi de construir um conceito tão importante e difícil de interpretação a partir de vídeos e partes de um computador. Inicialmente, foram expostos vídeos que duraram em torno de 30 minutos. O vídeo 01 mostrou o processo de descarte dos resíduos eletrônicos, e como se dá a sua reciclagem (disponível em: <[http://www.youtube.com/watch?v=IHYISvN\\_egk](http://www.youtube.com/watch?v=IHYISvN_egk)>). O segundo vídeo abordou os tipos de resíduos eletrônicos, sua classificação e os riscos que podem causar ao meio ambiente (disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=W2t1y5oq96A>>). Por fim, o vídeo 03 com

aproximadamente 2 minutos mostrou como os consumidores podem contribuir, com a reutilização e a logística reversa desde o ato da compra (disponível em: <[http://www.youtube.com/watch?v=wgs48s\\_bpU4](http://www.youtube.com/watch?v=wgs48s_bpU4)>). No intervalo de cada exibição era discutido com os alunos, durante cerca de 5 minutos, as observações realizadas em cada vídeo. Alguns depoimentos dos alunos após a exibição dos vídeos estão transcritos abaixo:

Aluno A: “Agora não irei mais jogar fora o meu celular quando quebrar vou devolver na loja”.

Aluno B: “A partir de hoje eu vou reciclar mais o lixo da minha casa.”

Aluno C: “Eu pude aprender alguma coisa sobre desordem através do lixo eletrônico”.

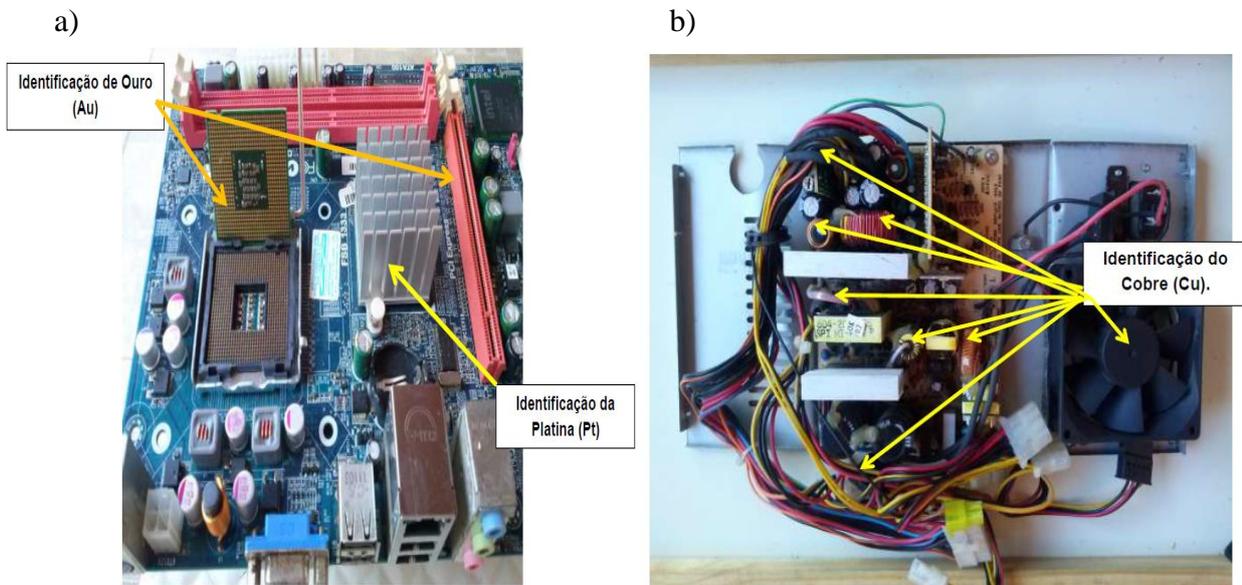
O aluno C associou a desordem do planeta com o descarte inadequado do lixo eletrônico, o que tem completa correlação com a entropia. A partir disto, uma aula expositiva contextualizada foi ministrada com a introdução do conceito de entropia. Nessa perspectiva, cabe ao professor fazer uso de técnicas e metodologias específicas baseadas em objetivos claros e bem delineadas; em consonância com a realidade vivenciada por seus alunos, a fim de que permita o estudante construir seu próprio conhecimento, confrontando as relações externas e internas, possibilitando ao aprendiz a compreensão e a aprendizagem de novos significados. A maneira de relacionar e inteirar o aluno a respeito da sociedade, através do meio/contexto em que está inserido, traz uma maneira inovadora de viabilizar que esses educandos venham a entender melhor o mundo onde vivem, produzindo motivação suficiente para que sintam a curiosidade científica e encontrem razões para os fenômenos que os rodeiam.

24

O emprego da vida cotidiana como conceito central para a aprendizagem de conteúdos científicos traz implícita uma concepção do ensino de ciências que sugere, entre outros fatores, da necessidade de despertar o interesse pela ciência nos alunos desmotivados que se encontram nas salas de aula, devido à obrigatoriedade do ensino de matérias científicas (SILVA et al, 2009, p. 2).

A última abordagem consistiu de identificar metais em partes de um computador. Todos os alunos identificaram os metais por suas características físicas, como pode ser visto na Figura 02. Nesta figura, item a, nas setas de cor mostarda observa-se a presença do Ouro-Au, no encaixe do “pente de memória” e no processador; já na seta na cor amarela, observa-se a presença de Platina. Ambos metais apresentam valores agregados, podendo ser reaproveitados e comercializados. No item b, da Figura 02, pode ser identificado o Cobre-Cu.

Figura 02 - **Identificação de metais: a) Placa mãe de CPU-Unidade Central de Processamento e b) Fonte de energia.**

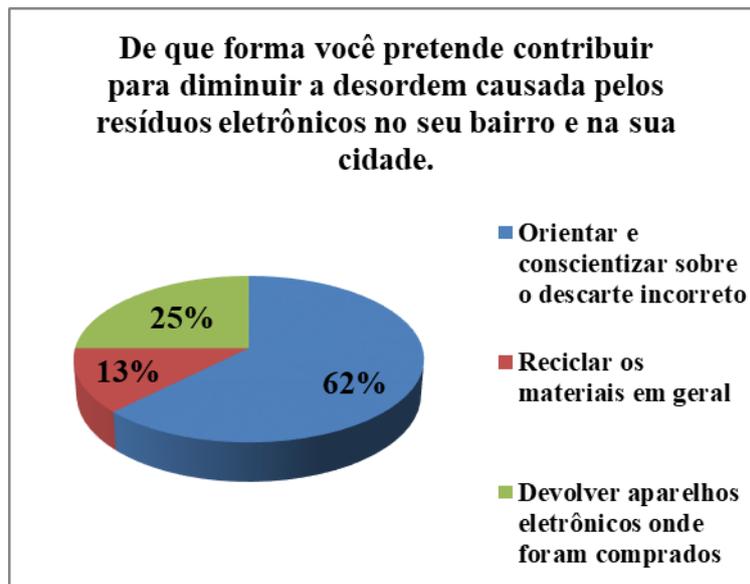


Fonte: Autores (2017).

Aos alunos foi explicado que se estes metais (principalmente o cobre, metal menos nobre que a platina e o ouro) ou demais metais (ferro e/ou suas ligas) forem abandonados em um ambiente, muito provavelmente, serão oxidados, seja pelo oxigênio do ar ou um outro agente oxidante, produzirão seus respectivos íons pela retirada de elétrons do metal produzindo, por exemplo,  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ . É o que se denomina de ferrugem. Portanto, quando ocorre a chuva, esses íons serão dissolvidos no solo e podem contaminá-lo. A conscientização dos processos químicos envolvidos pode ser um letramento científico químico quanto aos danos ao meio ambiente por provocar um aumento na entropia, conseqüentemente uma desordem no solo com um efeito no ambiente (lençóis freáticos, por exemplo).

**Produzindo:** De acordo com o gráfico da figura 03, observa-se que a maior parte dos alunos na análise textual discursiva, ou seja, 63% em seus discursos apontaram como contribuição para diminuir a desordem causada por resíduos eletrônicos orientar e conscientizar as pessoas sobre o descarte incorreto, 13% indicaram como contribuição, reciclar os materiais em geral e 25% apontaram como contribuição, devolver aparelhos eletrônicos onde foram comprados. Alguns comentários dos alunos descritos a seguir evidenciam as indicações apontadas:

Figura 03 - De que forma você pretende contribuir para diminuir a desordem causada pelos resíduos eletrônicos no seu bairro e na sua cidade.



Fonte: Autores (2017).

Ainda nesse contexto Guimarães e Vasconcellos (2006, p.151) entendem que:

[...] na educação em ciências essa perspectiva crítica se revela na formação de pessoas (cidadãos) aptas a dialogarem com o conhecimento científico em interação com outros saberes, por um lado. Por outro, é estimular que esse conhecimento e seu processo de produção sejam popularizados como ferramenta de promoção de engajamento político.

Desta forma, as interfaces da educação e o ensino de ciências apresentam uma função de cunho social, uma vez que oferece uma contribuição numa perspectiva crítica para o exercício da cidadania de forma que propicie também o engajamento, a conscientização politicamente correta na resolução de problemas socioambientais.

Um dos pontos importantes com realização deste trabalho foi a conscientização quanto à tomada de decisão dos alunos e à temática, alguns depoimentos relatam tal fato:

Aluno A: "Orientar as pessoas próximas dos riscos que esses aparelhos tóxicos podem fazer para o meio ambiente e o planeta."

Aluno B: "Tentar conscientizar a população do meu bairro e assim fazer com que todos se organizem e façam o descarte correto desses materiais."

Aluno C: "Reciclar e reduzir o lixo na minha cidade."

Aluno D: "Entregando o que não se presta ou não se usa em lugares que façam o descarte corretamente."

O ensino e a aprendizagem de Termodinâmica através do uso de descarte de lixo eletroeletrônico e a sua correlação com entropia e ambiente é uma forma de construção de mundo mais articulada e menos fragmentada. Assim, se contribuiria para que o aluno se torne apto a discutir sobre conhecimentos científicos que se fazem presentes na sociedade e a partir daí compreender processos químicos na poluição ambiental que devem ser evitados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados através da execução da proposta metodológica apontam que há uma necessidade de discutir o conteúdo entropia, especificamente a segunda lei da Termodinâmica de forma menos abstrata possível, relacionando-a com situações encontradas no cotidiano dos alunos em todos os níveis de ensino. Especificamente com os sujeitos desta pesquisa, no caso os alunos do Ensino Médio, evidenciou-se a falta de conhecimento da maioria deles sobre o conteúdo em questão. Pode-se inferir que a abordagem dos conteúdos juntamente com esta estratégia torna a aula mais entendível, facilitando a aprendizagem dos alunos. A entropia, portanto, é o elemento fundamental de unidade, desempenhando um papel muito importante para a formação de um aluno crítico e alfabetizado cientificamente. Pode-se afirmar também a necessidade de outras intervenções que valorizem a questão da educação ambiental, sobretudo, que discuta temas relacionados ao desenvolvimento de atitudes e valores com o intuito de minimizar impactos em gerações futuras, dentro e fora do ambiente escolar.

27

## AGRADECIMENTOS

Ao Colégio Estadual Prof. João Costa, na pessoa do professor regente da turma.

## REFERÊNCIAS

ARNONI, M. E. B. Trabalho educativo e mediação dialética: fundamento teórico-filosófico e sua implicação metodológica para a prática. In: **Seminário Internacional de Educação: teorias e políticas**, UNINOVE, São Paulo, SP. CD-ROM, ISBN: 85-89852-03-2, 2003.

CAMARGO, F. M. Alunos têm dificuldades com conceitos de Termodinâmica. **Agência USP de notícias**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=14999>>. Acesso em: 07 abr. 2015.

CELINSKI, T. M. et al. Perspectivas para reuso e reciclagem do lixo eletrônico. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2011.

FILHO-DREER, E. et al. **Lixo Eletrônico**. 2006. 4f. Artigo (Grupo de Pesquisas em Informática, Bacharelado em Sistemas de Informação) Sociedade Paranaense de Ensino e Informática – Faculdades SPEI, Paraná, 2006.

GUIMARÃES, M.; VASCONCELLOS, M. das M. N. Relações entre educação ambiental e educação em ciências na complementaridade dos espaços formais e não formais de educação. **Educar**, v. 27, p. 147-162, 2006.

LUTFI, M. **Os ferrados e cromados**: produção social e apropriação privada do conhecimento químico. Ijuí: Ed. UNIJUÍ: 1992.

SANTOS, W. L. P. et al. o enfoque CTS e a educação ambiental: possibilidade de “ambientalização” da sala de aula de ciências. **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: UNIJUÍ-RS, (Coleção em Química), 2010.

SILVA, R. T. da et al. Contextualização e Experimentação - uma análise dos artigos publicados na seção “Experimentação no Ensino de Química” da revista Química Nova na Escola 2000-2008. **Ensaio- pesq. Educ. Ciênc.**, v. 11, n. 2, p. s/n, 2009.