

**Usina autossustentável de incineração de lixo dispensável pela reciclagem:  
estudo de viabilidade para a cidade de Belo Horizonte****Self-sustainable waste incineration plant responsible for recycling: feasibility  
study for the city of Belo Horizonte**

DOI:10.34117/bjdv6n2-289

Recebimento dos originais: 30/12/2019

Aceitação para publicação: 27/02/2020

**Bruna Araújo Souza**

Graduanda em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário UNA – Campus Barreiro

Endereço: Avenida Afonso Vaz de Melo, 465. Barreiro, Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: brunaaraujosouza@hotmail.com.br

**Walliston dos Santos Fernandes**

Doutor em Estruturas pela UFMG

Instituição: Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Endereço: Campus Morro do Cruzeiro, s/n. Bauxita, Ouro Preto – MG, Brasil

E-mail: walliston.fernandes@ufop.edu.br

**Larissa Camilo de Souza Lima e Silva**

Doutora em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela UFMG

Instituição: Centro Universitário UNA - Campus Liberdade

Endereço: Rua da Bahia, 1764. Lourdes, Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: larissa.silva@prof.una.br

**José Ronaldo Tavares Santos**

Mestre em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas pelo IETEC

Instituição: Centro Universitário UNA - Campus Liberdade

Endereço: Rua da Bahia, 1764. Lourdes, Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: jose.tavares@prof.una.br

**Gustavo Vinícius Duarte Barbosa**

Mestre em Engenharia Elétrica pela UFMG

Instituição: Faculdade Pitágoras – Unidade Raja Gabáglia (Engenharias e TI)

Endereço: Avenida Raja Gabáglia, 1306. Gutierrez, Belo Horizonte - MG, Brasil

E-mail: gustavogvdb@fab.mil.br

**InaraKellen Fonseca**

Mestre em Estatística pela UFMG

Instituição: Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica (CIAAR)

Endereço: Rua Ten Aviador Doorgal Borges s/n° Bairro CIAAR, Lagoa Santa - MG - Brasil

E-mail: inaraikf@fab.mil.br

**Natália Tavares Santos**

Especialista em Gestão Estratégica de Projetos pela Universidade FUMEC

Instituição: Universidade FUMEC

Endereço: Rua Cobre 200 – Cruzeiro, Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: santos.nanat@gmail.com

**Gustavo Rodrigues Coimbra**

Tecnólogo em Gestão e Tecnologia da Informação

Instituição: Universidade FUMEC

Endereço: Rua Cobre 200 – Cruzeiro, Belo Horizonte – MG, Brasil

gustavorcoimbra@gmail.com

**RESUMO**

Esta pesquisa aborda um estudo preliminar propondo a utilização de um incinerador de lixo urbano como peça fundamental no processo de redução desses dejetos, ou seja, resíduos contaminados que teriam como destino aterros ou lixões, visto que toneladas de lixo se acumulam nesses locais e com o passar do tempo e aumento da população o problema se torna mais grave. A Prefeitura Municipal de Belo Horizonte trabalha com ações capazes de aumentar a quantidade de materiais que podem ser reaproveitados e transformados em outros produtos, sendo necessário apenas expandir as ações que existem. A proposta deste artigo é utilizar tecnologias já existentes e aprimorá-las, criando mecanismos que unam sociedade, sustentabilidade, ciência, trabalho e inovação em um só âmbito. Todavia, o processo começa nas residências com a separação correta do lixo, sendo que após a coleta seletiva a matéria-prima segue para os galpões onde cada classe receberá o tratamento adequado para transformação em novos produtos. O projeto propõe geração ininterrupta de energia através do uso de resíduos da reciclagem e uso de materiais. Além disso, é realizada uma pesquisa de opinião geral, que aborda questões sobre o processo a ser aplicado.

**Palavras-chave:** Energia elétrica, Inovação, Sustentabilidade, Tecnologia, Resíduo urbano.

**ABSTRACT**

This research addresses a preliminary study for the use of an urban waste incinerator as a fundamental principle of a process of reusing materials, i.e., contaminated waste such destination is a landfill, given that tons of waste are accumulated in these places. Belo Horizonte city hall intends to increase the amount of material that can be reused and transformed into another products. This paper propose to use current technologies and improve them, in order to create mechanisms that combine society, sustainability, science, and innovation. Therefore, the process starts in each home, with a correct separation of the waste, and after a selective garbage collection the raw material goes to the sheds where each class will receive the appropriate treatment for transformation into new products. The project proposes uninterrupted power generation through the use of waste from the recycling and use of materials. In addition, a survey of general opinion was carried out, which covers questions, about the process that intends to be applied.

**Keywords:** Electrical energy, Innovation. Sustainability, Technology, Urban waste.

**1 INTRODUÇÃO**

No atual cenário mundial, que perdura desde o início dos tempos, numa corrida insana por lucros, bens, especiarias ou minerais como outro ‘descobrimento do país’, vivemos a mercê de uma sociedade culturalmente inserida forjada nesse sistema, ao qual fora sucumbida.

Com a finalidade de reduzir os estragos causados à natureza pela ação devastadora da raça humana é necessário propor algo diferente que una todos os interesses, mas que tenha por objetivo principal, renovar nossas florestas, cuidar da nossa fauna e flora, dar alimentação de qualidade a quem precisa, produzir energia, criar novos produtos para o mercado de construção civil, novos empregos, novas oportunidades e novos sonhos.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPA), em 2010, no Brasil, 6,7 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) não foram coletados, contribuindo para o montante de quase 23 milhões de toneladas de RSU despejados em lixões ou aterros controlados, provocando irreversíveis danos ao meio ambiente.

Para cumprir com o proposto será apresentado um estudo das principais variáveis que podem comprometer o funcionamento do projeto.

“Não podemos prever o futuro. Mas podemos criá-lo.”  
(COLLINS; HANSEN, 2012).

Segundo Collins e Hansen (2012), todas as empresas passam por circunstâncias parecidas, o que muda é o modo com que cada uma escolhe para lidar com determinada situação.

Portanto, o objetivo geral desse estudo é propor uma solução para a questão de resíduos sólidos urbanos em todas as esferas do processo, com objetivos específicos de levantar dados relevantes para a pesquisa quanto o processo atual utilizado, propor melhorias de baixo custo e com a contribuição da população, validar a participação da comunidade como peça-chave no modelo proposto.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 REGULAMENTAÇÃO**

A questão de gestão de resíduos sólidos no Brasil e em países subdesenvolvidos é tratada de forma omissa, o mais simples com custo elevado, com baixos benefícios à natureza. No Brasil, várias cidades ainda não possuem coleta de resíduos sólidos urbanos, contribuindo para aumento de doenças ligadas a infecção por animais, que vivem em lixões e aterros clandestinos. A população se adapta a realidade na busca de soluções economicamente viáveis e desenvolvem formas louváveis em boas alternativas (BARROS, 2012).

A regulamentação em 2010 da Lei nº 12.305 (Ministério do Meio Ambiente, 2010)

sancionada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo decreto 7.404/10 é um marco no setor por tratar de todos os resíduos sólidos (materiais que podem ser reciclados ou reaproveitados), sejam eles domésticos, industriais, eletroeletrônicos, entre outros. E também por tratar a respeito de rejeitos (itens que não podem ser reaproveitados), incentivando o descarte correto o trabalho é feito por cooperativas ou associações sem apoio do governo local e federal. Ao todo são 15 itens que compõe o PNRS e o 6º item contempla o incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados.

Ademais, nos últimos anos tem-se observado um grande movimento de pessoas ligadas as questões de sustentabilidade. A agenda de 2030 disponibilizada pela ONU (Organização das Nações Unidas), dispõe de 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU em sua maioria contemplando ações sustentáveis para que se possa preservar o planeta para futuras gerações. Um nicho de pessoas vem surgindo com objetivo de gerar censo de urgência sobre as questões ambientais. A questão tem de ser difundida criando senso de responsabilidade na sociedade. “Cada brasileiro joga fora 2,4 kg de resíduos por dia” (CORREIO BRAZILIENSE, 2010). Em contrapartida, “Belo Horizonte corre o risco de não ter onde jogar o lixo”, (ESTADO DE MINAS, 2010).

Por desconhecer o processo poucos são os adeptos a incineração. Outro ponto a ser observado é o custo envolvido no processo citado. Segundo, Barros (2010), tem que se observar as características de cada localidade, no Japão a maioria dos resíduos são incinerados, o fato de grande maioria ser plástico e papel e possuírem grande capacidade calorífica contribuem para eficácia do modelo e com os resíduos são feitos aterros até sobre o mar: áreas que posteriormente serão ocupadas. Portanto, um estudo aprofundado deve ser realizado para cada região.

## 2.2 PROCESSO DE GERAÇÃO DE LIXO

No modelo atual adotado no Brasil, o lixo doméstico é embalado nas residências, coletado pela prefeitura e levado para aterros controlados, sanitários e lixões. Algumas medidas, como a coleta porta de materiais recicláveis feitas pela prefeitura em alguns bairros da cidade com a coleta realizada pelas equipes de que fazem a limpeza urbana. Segundo o site da Prefeitura de Belo Horizonte (2018), o serviço está presente em 36 bairros, alcançando uma população aproximada de 390 mil pessoas, em 125 mil domicílios, e é realizada uma vez por semana.

Iniciativas como essa precisam ser ampliadas seguindo um planejamento específico de acordo com a frase “(...) na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”, atribuída por Lavoisier (1743-1794). O lixo não veio da natureza uma criação humana oriunda de matérias

primas fornecidas pela natureza. O modelo proposto deste artigo é embasado na Lei de Lavoisier, e o processo de melhoria é ilustrado para melhor entendimento na figura 1.



**Figura 1:** Ciclo do processo de melhoria para tratamento do lixo.  
Fonte: Autores, 2020.

Nesse modelo é essencial a preparação da comunidade, aplicação de cursos e oficinas baseadas na forma correta de separação. Outro ponto importante é tratar do ganho ambiental e a importância da participação de todos para o sucesso no final do ciclo. Separação nas residências, com o objetivo de reduzir o material contaminado para se incinerar o mínimo possível e possibilitar a reciclagem e reaproveitamento da maior parte da matéria. Outro fator importantíssimo é elencar leis de incentivos para a adesão de associações, cooperativas e empresas especializadas na reciclagem de cada classe de material. O lixo orgânico pode ser usado em hortas comunitárias e ambientes verdes da cidade. Portanto, a incineração é feita apenas do que não se pode utilizar no ciclo.

## 2.3 SUSTENTABILIDADE

Nos últimos anos têm se falado mais em sustentabilidade, novas formas de reduzir a

poluição, dos veículos automotores e das industriais, que são os maiores emissores de gases que prejudicam tanto a natureza, quanto o ser humano. O tema tem sido debatido em escolas, faculdades, fóruns, congressos, etc..., e vêm ganhando adeptos pelo mundo. Uma nova geração de consumidores que optam por comprar produtos que tenham origem de empresas que cuidam do meio ambiente ou que promovem ações de forma a minimizar o dano causado a natureza tem feito cada vez mais sucesso.

Um exemplo é a empresa Natura®, em sua sede Cajamar/SP, que possui a maior instalação do mundo de OPV (do inglês *OrganicPhotovoltaics*). É a terceira geração de tecnologia de células solares: através de uma produção totalmente sustentável. Segundo o site da empresa SUNEW (2020), *startup* mineira, são ao todo 1800 m<sup>2</sup> de filmes fotovoltaicos orgânicos, produzidos a partir de materiais orgânicos, não tóxicos e recicláveis.

“Nós temos refil, o planeta não”. (Natura, 2019).

O slogan chama atenção dos clientes sobre consciência e difunde ideias de como reaproveitar a embalagem após o uso.

#### 2.4 INCINERADOR

O objetivo do incinerador é como complemento ao ciclo proposto e não como peça principal. É o processo de redução do peso, do volume e eliminação das características de periculosidade dos resíduos, através da combustão controlada, como descrito anteriormente destinado aos materiais contaminados e que não podem ser reciclados ou reutilizados. (CAIXETA, 2005)

Segundo Barros (2012), foram feitas várias tentativas com o incinerador no Brasil com processos de mera queima, o que tem contribuído pela rejeição ao sistema. A incineração permite recuperação da energia, o vapor produzido através do resfriamento dos gases de combustão é aproveitado para geração de energia elétrica, aquecimento industrial ou calefação domiciliar. As cinzas resultantes do processo podem ser usadas para correção dos solos em aterros ou como agregado na composição de recapeamento asfáltico.

Os parâmetros de temperatura devem ser controlados para que as câmaras tenham temperatura superior a 800°C, os gases monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O<sub>2</sub>) devem ser medidos continuamente, conforme regulamenta a CONAMA 316/2002.

Portanto, é importante salientar quanto ao planejamento envolvido e que estudos aprofundados e testes que comprovem as melhores alternativas precisam ser feitos, aliados a questão de controle que é fundamental desde o início ao final do ciclo.

### **3 METODOLOGIA**

O presente artigo apresenta um sistema baseado em um conjunto que possa funcionar de forma simplificada e em harmonia entre sociedade e uma instituição pública ou privada capaz de colaborar para o sucesso do todo. Foi realizado um levantamento teórico, e que a partir dele surgiram algumas lacunas sobre a participação da sociedade que é peça chave neste conjunto. Portanto, esta pesquisa pode ser classificada como bibliográfica na primeira parte onde buscamos encontrar informações de países que já adotaram um modelo semelhante e buscamos aprimorar o processo corrigindo algumas falhas nos processos encontrados, e quantitativa/qualitativa na segunda, onde se apresentam os resultados coletados a partir de entrevistas sobre a opinião das pessoas sobre o tema em questão.

A pesquisa foi realizada com entrevistas em campo na região do Barreiro, em Belo Horizonte/MG, Brasil, sendo uma parte realizada em áreas coletivas e outra parte em áreas públicas. Além desta metodologia *in loco*, foi adotado o formulário eletrônico pela plataforma do Google Drive®, que por sua vez foi encaminhado para o público em geral residentes nesta região. O objetivo fim era de atingir diferentes opiniões, diferentes classes sociais, sexo ou escolaridade. O rol de entrevistados foi de 239 pessoas.

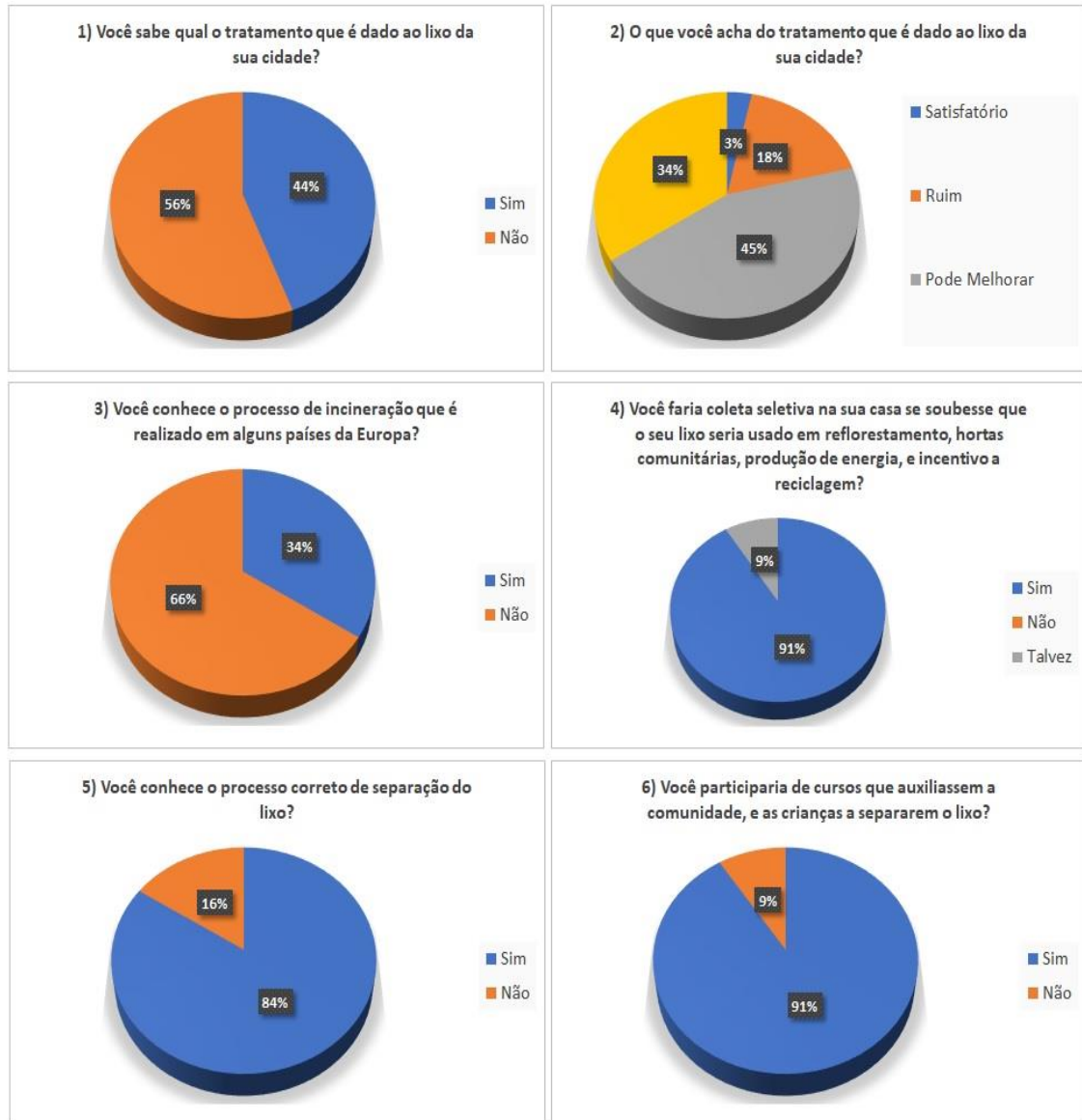
Alguns questionamentos sobre como as pessoas se comportariam ante a proposta surgiram no decorrer da coleta de dados sobre o assunto, como os mesmos se comportariam ao serem convidados a participar, e se estavam preparados para tarefa proposta.

Posteriormente, foram gerados gráficos e discussões dos dados, partindo dos resultados encontrados.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 QUESTIONÁRIOS DAS ENTREVISTAS E RESULTADOS GRÁFICOS**

A figura 2 ilustra os resultados obtidos partindo das perguntas realizadas aos entrevistados.



**Figura 2:** Resultados gráficos com as perguntas e repostas.  
Fonte: Autores, 2018.

## 4.2 ANÁLISE DOS GRÁFICOS

A maioria dos entrevistados, cerca de 56%, disseram que não sabem que tipo de tratamento que é dado ao lixo de sua cidade e 45% responderam que acreditam na possibilidade de melhorar este tratamento. Esse resultado mostra a importância que através de cursos, treinamentos, procedimentos e oficinas sobre o tratamento de resíduos é de essencial importância na participação ativa da população, pois estes percentuais são relevantes e englobam uma quantidade substancial de pessoas não entendidas sobre o processo.

A pergunta 3 ilustra graficamente que cerca de dois terços da população não conhecem sobre o processo de tratamento do lixo na Europa, porém, na pergunta 4, 91% afirmaram que estariam



dispostos a participar da coleta seletiva, ou seja, constitui de um índice de suma importância para o processo. Além disso, 84% confirmam que sabem como fazer a separação do lixo, conforme pergunta 5.

A última pergunta comprova por fim que 91% da população está disposta a auxiliar as pessoas que não sabem como proceder a separação do lixo. Ou seja, a população não conhece do processo de tratamento, porém uma grande parte tem conhecimento sobre a separação e disponibilidade para ensinar este processo.

#### 4.3 MODELO PROPOSTO

A produção de lixo tem como principal origem as residências, indústrias, empresas em geral, limpeza de praças e áreas públicas, lixo hospitalar, etc. O sistema proposto inicia na separação desses materiais de forma correta, em cada um desses setores. Dessa forma, diminui-se a quantidade de matéria que possa vir a se contaminar.

A etapa seguinte consiste na realização da coleta seletiva todo o material coletado, que seguirá para os galpões onde serão revisados e separados de acordo com suas principais características para a inicialização do processo.

O lixo orgânico poderá ser usado para diversas finalidades. Após a compostagem, que é um tipo de decomposição anaeróbica controlada, pode-se usar adubo orgânico em construção de hortas comunitárias, utilizado em reflorestamento de áreas devastadas.

Metal, plástico, vidro e papel poderão ser levados para usinas de reciclagem mais próximas ou doadas para cooperativas que trabalham com artesanato.

Enfim, os contaminados que não poderão seguir os passos anteriores, serão encaminhados para o incinerador para que seja feita a secagem desse material e, logo após a incineração, durante esse processo, haverá coleta de vapor e produção de energia elétrica, e a transformação das cinzas resultantes em novos produtos que poderão ser usados na construção civil. Os processos de quantidade de material e resultados dessa etapa estão em processo de análise de custos e laboratoriais bem como a capacidade ideal do incinerador, visto que é um processo delicado que precisa ser realizado uma longa etapa de planejamento nessa fase, segundo estudos em andamento no Centro Universitário UNA em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e com a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

#### 5 CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que os objetivos deste artigo foram atingidos, e que há uma viabilidade técnica substancial para implantação deste sistema na cidade de Belo Horizonte, pois foi possível

observar que as pessoas contribuiriam para o sucesso deste projeto.

É importante salientar que iniciativas públicas e privadas seriam essenciais para esta implantação, que tende a ocorrer gradativamente e precisaria respeitar cada parte do ciclo de tratamento e separação do lixo.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, Maria Teresa; ALMEIDA, Manuela. **Construção sustentável: contributo das ferramentas de avaliação**. 1ª Ed. Curitiba: Editora CRV, 2016.

BARROS, Rafael Tobias de Vasconcelos. Elementos de resíduos sólidos. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

CAIXETA, Dalma Maria. **Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: O caso de Campo Grande/MS**. 86 p. 297 mm, (UnB-CDS, Especialização, Resíduos Sólidos, 2005).

COLLINS, Jim; HANSEN, Morthen T. **Vencedoras por opção**. 1ª.ed. São Paulo. HSM Editora, 2012.

CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002. Disponível em: <<http://protegeer.gov.br/biblioteca/legislacoes/33-resolucao-conama-n-316-2002>>. Acesso em: 08 fev. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lei nº12.305/10**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADuos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 05 fev.2020.

NATURA. Disponível em: <[https://www.natura.com.br/blog/sustentabilidade/movimento-refil-saiba-como-essa-pratica-de-consumo-pode-ajudar-o-planeta?raccoon\\_param1=institucional-conteudos&raccoon\\_param2=movimento-refil&cnddefault=true&gclid=EA1aIQobChMIhZS7IKbC5wIVS4CRCh1wDwrUEAAYASAAEgII ZPD\\_BwE](https://www.natura.com.br/blog/sustentabilidade/movimento-refil-saiba-como-essa-pratica-de-consumo-pode-ajudar-o-planeta?raccoon_param1=institucional-conteudos&raccoon_param2=movimento-refil&cnddefault=true&gclid=EA1aIQobChMIhZS7IKbC5wIVS4CRCh1wDwrUEAAYASAAEgII ZPD_BwE)>. Acesso em:08 fev. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **PBH-SLU: Sistema de limpeza urbana**. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <[prefeitura.pbh.gov.br](http://prefeitura.pbh.gov.br)>. Acesso em:20 jan.2018.

SUNEW. Sunew, em parceria com a Natura, entrega a maior instalação do mundo de filmes solares de última geração. Disponível em:<<https://sunew.com.br/blog/sunew-em-parceria-com-a-natura-entrega-a-maior-instalacao-do-mundo-de-filmes-solares-de-ultima-geracao/>>. Acesso em: 08 fev. 2020.