



**ANGÉLICA BRENDA AIRES SOUSA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DAS SACOLAS  
OXIBIODEGRADÁVEIS NO SOLO**

**INCONFIDENTES – MG**

**2014**

**ANGÉLICA BRENDA AIRES SOUSA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DAS SACOLAS  
OXIBIODEGRADÁVEIS NO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Me. Luiz Flávio Reis Fernandes  
Co-orientador: Prof. Dr. Lucia Ferreira

**INCONFIDENTES – MG  
2014**

**ANGÉLICA BRENDA AIRES SOUSA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DAS SACOLAS  
OXIBIODEGRADÁVEIS NO SOLO**

**Data de Aprovação: \_\_\_ de \_\_\_\_\_ 20\_\_**

---

**Prof. Me. Luiz Flávio Reis Fernandes  
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucia Ferreira  
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)**

---

**Prof. Dr. Miguel Angel Isaac Toledo del Pino  
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)**

## **DEDICATÓRIA**

Por mais esta vitória,  
Dedico

Aos meus pais Sudária Rodrigues Aires e João José Sousa, pelo carinho, esforços e ensinamentos dedicados a mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro a Deus, por me manter firme nesta caminhada.

Agradeço aos meus familiares, irmãos, pai e mãe que me deram força nos momentos em que pensei em desistir e me fizeram acreditar que era possível.

A minha mãe, que mais do que o apoio, ela viveu os momentos de dificuldades comigo e não me deixou desistir.

Ao meu pai, que sempre demonstrou o maior orgulho em me ver cursando uma graduação, e em me ver dedicada no que eu estava fazendo, que sempre me ajudou financeira e emocionalmente.

Aos meus amigos Álvaro Ricardo, Natália Machado, Patrícia de Cássia, Danilo Cândido e Gabriela Santos que colaboraram com a realização deste trabalho.

Ao Arlindo dos Santos Machado Pascoal uma pessoa que me ensinou como os estudos mudam as suas escolhas e me mostrou um outro lado da vida.

Aos Professores Luiz Flávio Reis Fernandes, Lucia Ferreira e ao Miguel Angel Isaac Toledo del Pino pela contribuição na elaboração deste trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes pelo apoio dos laboratórios e pelo espaço fornecido para a realização do experimento.

A empresa RES Brasil pelo fornecimento de informações importantes para a complementação do Referencial Bibliográfico.

E a todos, que assim como eu, acreditam que podem fazer a diferença, para que tudo seja melhor, e que lutam para que isto aconteça.

"Seja a mudança que você deseja ver no mundo"

Mahatma Gandhi

## **RESUMO**

Atualmente as sacolas plásticas estão cada vez mais presentes na rotina das pessoas, adentra-se em um novo século, onde cerca de 10% de todo lixo coletado nas cidades é composto por sacolas plásticas de uso único, segundo a FUNVERD, 2013. Passou-se a utilizar os sacos plásticos desde o ano de 1962, sendo que este material demora cerca de 500 anos para se decompor, e no mundo consome-se 1 milhão de sacos plásticos por minuto, o que significa quase 1,5 bilhão por dia e mais de 500 bilhões por ano, segundo REVISTA NEW SCIENTIST, 2004. A fim de minimizar grandes impactos ambientais negativos causados pela má destinação e demora da decomposição deste material, foi criado o material oxibiodegradável, trata-se do plástico comum porém com um aditivo chamado de d2w, onde este acelera a decomposição do plástico para até 18 meses. Este material foi criado com o objetivo de diminuir impactos ambientais, mas ainda não se realizou muitas pesquisas na área para saber qual a sua real funcionalidade. Este trabalho tem o objetivo de realizar um experimento para avaliar a degradação do material utilizado em sacolas plásticas oxibiodegradável e não oxibiodegradáveis, e quais as causas que tal ação pode causar no solo.

**Palavras chave:** biodegradáveis; embalagem; plástico

## **ABSTRACT**

Currently, the plastic bags are increasingly present in people's routine, enters into a new century, where about 10 percent of all garbage collected in cities is composed of single use plastic bags, according to FUNVERD, 2013. Went to use the plastic bags since 1962, being that this stuff takes about 500 years to decompose, and the world consumes if 1 million plastic bags per minute, which means almost 1.5 billion per day and more than 500 billion per year, according to NEW SCIENTIST MAGAZINE, 2004. In order to minimize large negative environmental impacts caused by poor disposal and delay the decomposition of this material, was created the oxy-biodegradable material, it is common but with a plastic additive called d2w, where this accelerates the decomposition of plastic for up to 18 months. This material was created with the aim of reducing environmental impacts, but has not yet carried out many researches in the area to know what your real functionality. This work aims to conduct an experiment to evaluate the degradation of the material used in oxy-biodegradable plastic bags and not oxy-biodegradable, and what causes that such action may cause the soil.

Key words: Biodegradable; Packaging; Plastic.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1 HISTÓRIA DO PLÁSTICO .....	12
2.2 FABRICAÇÃO DO PLÁSTICO .....	12
2.2.1 Divisões dos plásticos .....	14
2.3 DIFERENÇA DE CONCEITOS .....	14
2.4.3 CONSUMO DE PLÁSTICOS .....	15
2.4.1 Utilização da sacola plástica e seus problemas .....	16
2.5 PRINCIPAIS MEDIDAS PROPOSTAS A FIM DE DIMINUIR O IMPACTO NEGATIVO DO PLÁSTICO .....	17
2.5.1 A Reciclagem do Plástico .....	17
2.5.2 Os aditivos.....	18
2.6 A OXIBIODEGRADAÇÃO.....	19
2.6.1 Materiais oxibiodegradáveis .....	19
2.6.2 O plástico oxibiodegradável.....	20
2.7 LEGISLAÇÕES E NORMATIVAS .....	21
2.8 GASES PRESENTES NO SOLO.....	22
2.9 ATERRO SANITÁRIO E PROCESSO DE ATERRAGEM .....	23
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	25
3.2 AMOSTRAGENS DE SOLO.....	28
3.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS .....	29
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	29
<b>4. RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	35
4.2 OBSERVAÇÃO DAS SACOLAS .....	35
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	39
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente pode-se observar diversas invenções no mundo moderno, afim de tornar as coisas mais fáceis no dia a dia; só que muitas dessas invenções são colocadas no mercado sem uma pesquisa sobre seu futuro impacto no meio ambiente; assim aconteceu com as sacolas plásticas que foram introduzidas por volta do ano de 1962 sem grandes pesquisas sobre o real impacto futuro deste material no meio ambiente, apesar da data de invenção, o uso se tornou comum no Brasil na década de 80 devido sua grande praticidade. (WALDMAN, 2004)

Segundo HUMBERTO (2012), a sacola plástica é o resíduo que mais polui as cidades e com o passar do tempo esse assunto vem sendo levantado com mais frequência e descobriu-se que a completa degradação das sacolas plásticas se dará em aproximadamente 500 anos, por isso a preocupação com a grande geração desse resíduo se tornou maior, visto que o mundo consome um milhão de sacos plásticos por minuto, o que significa quase 1,5 bilhões por dia e mais de 500 bilhões por ano. (WALDMAN, 2004).

Portanto a partir desta preocupação surgiu a dúvida sobre o que fazer a respeito do assunto, retirar as sacolas plásticas de circulação seria algo inviável economicamente, já que a cada mês, mais de um bilhão de sacos plásticos são distribuídos pelos supermercados no Brasil segundo dados da FUNVERD, (2013), movimentando a indústria, além de que a sociedade já se acostumou com essa praticidade em seu dia a dia para carregar seus materiais.

A partir dessa dúvida a indústria se mobilizou para tornar a sacola plástica um produto mais viável, priorizando a questão ambiental. Assim introduziu-se no mercado as sacolas plásticas Biodegradáveis que são os plásticos feitos e constituídos à base de amido.

Após as sacolas Biodegradáveis, surgiram as sacolas oxibiodegradáveis, esta tecnologia funciona através de um processo de oxi-degradação, resultando em uma mudança

de comportamento do plástico, reduzindo assim o seu tempo de degradação de 500 anos para até 18 meses, segundo a FUNVERD, (2013).

Com estas tecnologias ao alcance das mãos, pouco se pergunta sobre o impacto que estas podem causar no meio ambiente e o que ocorre quando estas são descartadas. Por isso, o principal objetivo do presente trabalho é realizar um experimento para avaliar a degradação do material utilizado em sacolas plásticas oxibiodegradável e não oxibiodegradáveis.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 HISTÓRIA DO PLÁSTICO**

A origem da palavra plástico vem do grego *plastikós*, que significa adequado à moldagem. O plástico surgiu em 1862, quando Alexander Parkes obteve um material celulósico chamado de Parkesina, mas não teve sucesso comercial. Em 1868, John W. Hyatt aprimorou o produto de Parkes, conseguindo um produto economicamente viável, o Celulóide.

Desde que o inglês Parkes inventou o primeiro plástico, vários polímeros vêm sendo descobertos e aprimorados. O plástico foi assim conquistando seu espaço e substituindo outras matérias-primas (GORNIS/D).

### **2.2 FABRICAÇÃO DO PLÁSTICO**

Plásticos são materiais formados pela união de grandes cadeias moleculares chamadas polímeras que por sua vez, são formadas por moléculas menores denominadas monômeros.

Os plásticos são produzidos através de um processo químico conhecido como polimerização, que é à união química de monômeros que formam os polímeros (PLASTIVIDA, 2012).

O plástico pode ter origem natural ou sintética, ou seja, a partir de derivados de petróleo ou de fontes renováveis como a cana de açúcar ou o milho (ABIPLAST, 2014). O

processo de produção de polímeros é denominado de extrusão e inflação. (SISCOMPETE, 2014).

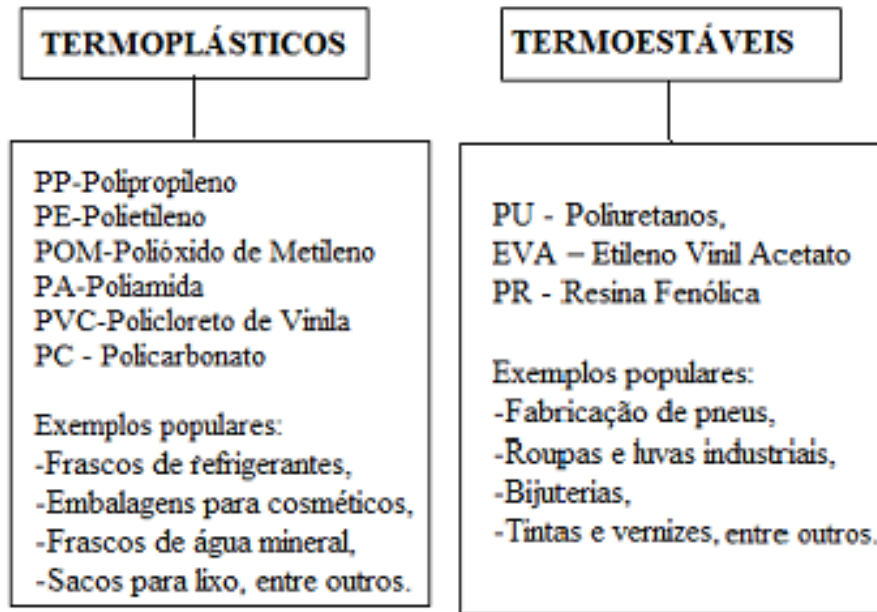
A extrusão é um processo de produção de componentes mecânicos de forma semi contínua onde o material é forçado através de uma matriz adquirindo assim a forma pré determinada pelo projetista da peça. (ORBITAL12, 2011)

A inflação consiste em inflar o polímero após a extrusão com pressão de ar, onde forma-se um fluxo contínuo obtendo-se uma película de filme plástico (SISCOMPETE, 2014).

A grande maioria das sacolas plásticas distribuídas pelos supermercados são feitas a partir de polietileno de baixa densidade (PEBD) e baixa espessura, porém, podem ser feitas também de polietileno linear, polietileno de alta densidade ou de polipropileno e polímeros de plástico não biodegradável, com espessura variável entre 18 e 30 micrometros (NASCIMENTO, 2011).

A matéria-prima dos plásticos é o petróleo, formado por uma complexa mistura de compostos. Pelo fato de estes compostos possuírem diferentes temperaturas de ebulição, é possível separá-los através de um processo conhecido como destilação ou craqueamento. (PLASTIVIDA, 2012)

Os plásticos classificam-se em duas categorias: termoplásticos e termoestáveis (termofixos). Os termoplásticos são aqueles que sob pressão e calor, passam por uma transformação física, não sofrem mutação em sua estrutura química e se tornam reversíveis, isto é, podem ser reaproveitados em novas moldagens; e os termoestáveis ou termofixos, quando sofrem uma transformação química sob efeito de calor e pressão, tornam-se irreversíveis, não podendo ser reaproveitados. (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2014). A figura 1 exemplifica os principais termoplásticos e termoestáveis.



**Figura 1-** Exemplos de Termoplásticos e Termoestáveis.  
 Fonte: Adaptado de Ramalho, 2009

### 2.2.1 Divisões dos plásticos

Os plásticos são divididos em três grandes grupos, termoplásticos, termoplásticos amorfos e termoplásticos semicristalinos. Segundo Michaeli (1995) citado por Ramalho (2009), os termoplásticos são fusíveis e solúveis, podem ser fundidos várias vezes e solubilizados por vários solventes. Os termoplásticos amorfos têm estado de ordenação molecular semelhante ao do vidro o que o torna transparente. Os termoplásticos semicristalinos apresentam aparência opaca.

### 2.3 DIFERENÇA DE CONCEITOS

Com o surgimento de tantas tecnologias alguns termos promovem confusão na hora de se diferenciar o tipo de plástico, como por exemplo, a diferença de degradável, biodegradável, hidro degradável e oxibiodegradável, o que são conceitos diferentes.

Oxibiodegradável é aquele material que apresenta degradação inicial por oxidação acelerada por luz e calor, e posterior capacidade de ser biodegradada por micro-organismos isto ocorre devido a um aditivo. (SCOTT, 2006).

Biodegradável utiliza-se de alimentos como mandioca, milho, cana de açúcar etc., para fabricação de objetos descartáveis, como sacolas e poliestireno expandido. (RECICLOTECA, 2010).

Degradável elaborado para sofrer uma mudança significativa em sua estrutura química sob condições ambientais específicas, resultando na perda de algumas propriedades que podem variar segundo a normativa ASTM (American Society for Testing and Materials) D883-99.

“Hidro degradável feito de polietileno, e se desfaz naturalmente - seja na água quente, na composteira ou na máquina de lavar. Ele não possui resíduos químicos e depois de decomposto, se transformará em substâncias naturais. O produto é feito a partir de polímero hidro degradável retirados do milho e da batata e se decompõe naturalmente em 50 dias, mas colocado em água a 60° ele desaparece quase que instantaneamente, ainda gera polêmica por sua falta de estudos e pela dificuldade na reciclagem, já que este não pode ser reciclado com plásticos comuns. (ABRIL,2013).”

## 2.4 CONSUMO DE PLÁSTICOS

O mundo consome um milhão de sacos plásticos por minuto, o que significa quase 1,5 bilhões por dia e mais de 500 bilhões por ano, é o resíduo que mais polui as cidades, prejudica a vida animal, entopem a drenagem urbana, rios, contribuindo para inundações, e quando incinerado libera toxinas perigosas para a saúde. (WALDMAN, 2004.)

Aproximadamente 56% do lixo plástico são compostos por embalagens usadas uma só vez, onde três quartos disto é proveniente do uso doméstico segundo a FUNVERD (2013).

No Brasil, a cada mês, um bilhão de sacos plásticos são distribuídos pelos supermercados, isso significa 33 milhões por dia e 12 bilhões por ano, ou 66 sacos plásticos para cada brasileiro por mês, segundo WALDMAN (2004).

Segundo a Funverd, (2013) foi Caracterizado que 10% de todo lixo coletado nas cidades é composto por sacolas plásticas de uso único.

Atualmente 80% do bilhão de sacolas de compras produzidas e distribuídas por mês, no Brasil, viram sacolas para lixo doméstico, nós produzimos e usamos 20 vezes mais plásticos que há 50 anos, pois praticamente em tudo é utilizado plástico, cada família brasileira descarta cerca de 40 quilos de plásticos por ano, devido à facilidade que este material nos oferece (FUNVERD, 2013) e (WALDMAN, 2004).

“Somente 16,5% dos resíduos plásticos pós-consumo são reciclados no Brasil, ou seja, 83,5% destes resíduos não são reciclados e vão parar em aterros e/ou em locais inadequados, a capacidade dos aterros sanitários e controlados ficam comprometidos pelo grande volume de plásticos. Os plásticos também causam a impermeabilização e instabilidade destas áreas. Formam bolsões de gases e na maioria das vezes retardam a degradação dos demais resíduos. Um destes gases é o metano, 21 vezes mais nocivo ao ambiente do que o CO<sub>2</sub>. (FUNVERD, 2013).”

A fim de se diminuir este uso de plástico no Brasil o Ministério do Meio Ambiente lançou a campanha “saco é um saco” onde está tem por objetivo incentivar os cidadãos a reduzir a utilização dos sacos plásticos e adotar os sacos retornáveis, tornar um cidadão mais consciente em relação ao impacto negativo que a degradação do plástico tem sobre o meio ambiente.

#### 2.4.1 Utilização da sacola plástica e seus problemas

A sacola plástica tem cada vez mais estado no centro de debates quando o assunto é geração de resíduos, isso porquê o tema vai além do produto, já que aborda também o impacto ambiental causado pelo desperdício e descarte incorreto.

A utilização da sacola plástica se tornou algo comum na vida dos brasileiros e 71% da população considera o produto como a embalagem preferida para transportar suas compras. (PLASTIVIDA, 2012).

Segundo a SIMPLÁS, (2014) 100% destas sacolas que vão para as casas dos consumidores são reutilizadas como sacos de lixo, porém, este ato não é recomendado visto que estas sacolas são frágeis para acondicionamento de lixo e elas rompem com facilidade durante a recolha. O INMETRO e os serviços de recolhimento de lixo das cidades indicam o saco plástico próprio para o acondicionamento de lixo, tornando portanto essa reutilização das sacolas plásticas de supermercado uma prática inviável. (SERRA DO CARAÇA, 2014).

No Brasil aproximadamente 9,7% de todo o resíduo é composto por sacolas plásticas derivadas de petróleo cuja sua degradação é em média 500 anos (PEREIRA, 2007). Na interpretação de tal informação deve-se levar em conta o espaço que estes resíduos ocupam em aterros e a possível diminuição da vida útil dos mesmos.

Outro problema destas sacolas plásticas é quando as mesmas acabam indo parar em mar e rios podendo ser confundidas por peixes, tartarugas marinhas, águas vivas, entre outros animais, com um de seus alimentos. Caso o animal se alimente das sacolas, a ingestão obstrui o aparelho digestivo podendo-os levar a morte (WALDMAM, 2004).



Tem-se ainda que as sacolas plásticas com destinação final incorreta são uma das causas do entupimento da passagem de água em bueiros e córregos, contribuindo para as inundações e retenção de mais lixo, sem contar que quando incineradas liberam toxinas danosas para a saúde (PEREIRA, 2007).

## 2.5 PRINCIPAIS MEDIDAS PROPOSTAS A FIM DE DIMINUIR O IMPACTO NEGATIVO DO PLÁSTICO

Diversas propostas são realizadas a fim de se diminuir o impacto que o plástico causa ao meio ambiente devido ao seu tempo de degradação e o impacto que o mesmo pode causar devido ao descarte incorreto.

Uma destas propostas é a substituição das sacolas plásticas por sacolas retornáveis feitas por PET (polietileno tereftalato) reciclado, onde as pessoas utilizam estas sacolas para realizarem suas compras mais de uma vez, e tem sido um instrumento bastante utilizado em cidades onde as sacolas plásticas foram restringidas.

As caixas de papelão também estão sendo utilizadas em supermercados para se transportar as compras.

O incentivo a reciclagem e a separação dos resíduos vem sendo cada vez maior, o que diminui o número de sacos plásticos que tem sua destinação a aterros e lixões.

### 2.5.1 A Reciclagem do Plástico

De acordo com a Abril (2013), os polímeros podem ser reciclados de quatro maneiras:

- Reciclagem Primária: quando o material fabricado apresenta defeito ele é moído e reaproveitado para fazer outro idêntico.
- Reciclagem Secundária: consiste no reaproveitamento dos rejeitos plásticos encontrados no lixo, que são tratados e reprocessados, o produto obtido apresentará características inferiores às de resina virgem.

Os dois sistemas anteriores podem ser classificados como reciclagem Mecânica.

- Reciclagem Terciária ou Química: transforma os resíduos em monômeros, oligômeros, misturas de hidrocarboneto e outros compostos, que poderão ser utilizados como produtos químicos em refinarias ou centrais petroquímicas.

- Reciclagem Quaternária ou Energética: energia dos resíduos plásticos é recuperada através de processos térmicos. Ela diminui de 70 a 90% a massa material do lixo.

### 2.5.2 Os aditivos.

Aditivos são substâncias que se incorporam intencionalmente nos polímeros, de forma a conferir-lhes propriedades específicas, quer durante a transformação, quer enquanto produtos acabados (EDUCA, 2013).

Os aditivos (pró-oxidantes), compostos por elementos químicos, utilizam um sal derivado de metais de transição tais como cobalto (Co), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e adição de uma pequena porção de compostos de ácidos graxos de metais de transição específicos para induzir o processo de oxidação, (RAPRA, 2012)

“Os aditivos são adicionados aos plásticos, polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET), onde isto quebra as cadeias moleculares do polímero e acelera a degradação através de um processo de oxidação. A tecnologia oxibiodegradável se baseia na introdução de uma quantidade muito pequena de aditivo pró-degradante durante o processo de fabricação convencional, resultando em uma mudança de comportamento do plástico. A degradação do plástico começa quando sua vida útil programada chega ao fim e o produto não está mais em uso (Scott, 2006).”

O aditivo mais utilizado na fabricação destas sacolas é o d2w, que é um conjunto de elementos químicos, abundantes no meio ambiente, que fragilizam as moléculas do plástico. Ele representa apenas 1% do total de materiais utilizados na produção, desenvolvido por engenheiros e pesquisadores nos laboratórios da Symphony. (REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL, 2012).

Os plásticos oxibiodegradáveis fabricados com o aditivo d2w no Brasil é exclusividade da empresa RESBRASIL.

## 2.6 A OXIBIODEGRADAÇÃO

O tempo de degradação do plástico oxibiodegradável pode ser programado no momento de sua fabricação, e pode ocorrer em alguns meses ou até mesmo anos, isto depende do aditivo e de sua quantidade, mas pode ser influenciada por variáveis não controláveis como tempo, calor e exposição à luz; lembrando que a degradação deste ocorre quando o tempo de vida útil programado chega ao final ou o mesmo seja exposto a luz solar (FUNVERD, 2014).

Após o plástico oxibiodegradável ser exposto a luz solar o seu processo de oxibiodegradação se iniciará, e mesmo que a exposição a esta luz seja bloqueada a oxibiodegradação continuará mesma na ausência da mesma (SCOTT, 2006).

A maioria dos oxibiodegradáveis tem um tempo de degradação de 18 meses e isto ocorre porque o aditivo d2w acelera a oxidação do polímero pela quebra das ligações carbono-carbono (EMPLASMYL, 2013).

Os aditivos sob a ação de calor ou luz, reduz o peso molecular do polímero a um nível no qual as bactérias e fungos, presentes no solo ou ambiente de descarte, podem reduzir ainda mais, transformando-o em água, dióxido de carbono e biomassa (RAPRA, 2012).

A oxibiodegradação de plásticos é definida pela norma TC249/WG9 do CEN (European Organization for Standardization) como “degradação identificada como resultante de fenômenos oxidativos e mediados por células, simultaneamente ou sucessivamente” (RAPRA, 2012).

Tanto o Oxo-Biodegradable Plastics Institute (OPI) como a Oxo-Biodegradable Plastics Association preconizam que, no ambiente de um aterro sanitário, materiais plásticos oxibiodegradáveis serão biodegradados perto da superfície, produzindo apenas dióxido de carbono. Depois de completamente enterrados, no interior do aterro, o processo de oxibiodegradação cessará, de modo que não será produzido metano como resultado da biodegradação anaeróbia (RAPRA, 2012).

### 2.6.1 Materiais oxibiodegradáveis

Segundo a FUNVERD, (2010) para demonstrar que um material satisfaz os requisitos essenciais para ser considerado plástico oxibiodegradável ele deve atender a um padrão que consiste em três fases, ou seja, fragmentação do polímero, biodegradação posterior do polímero fragmentado em até 24 meses e por fim demonstrar que não há resíduos nocivos.

Fase 1 – Degradação Oxidativa Abiótica (fragmentação do polímero): As amostras são submetidas a um regime de calor ou exposição à luz, a fim de determinar o tempo necessário para que o peso molecular médio do polímero seja reduzido para 5000 Daltons ou menos

Fase 2 – Biodegradação: Os resíduos oriundos da fase 1 são submetidos a ensaios de biodegradação, de acordo com uma série de testes padrões conforme a normativa ASTM D6954-04, dependendo da destinação do material, em aterros sanitários (digestão anaeróbia) ou compostagem (digestão aeróbia).

Fase 3 – Eco-toxicologia: Teste ao qual os resíduos dos processos abiótico e biológico restantes da fase 2 são submetidos a fim de se comprovar que os mesmos não são nocivos ao ambiente.

## 2.6.2 O plástico oxibiodegradável

Milhares de resíduos plásticos no mundo são destinados a aterros. A fim de se diminuir estes valores iniciou-se a fabricação dos plásticos oxibiodegradáveis no ano de 1980 segundo a REVISTA PESQUISA FAPESP, (2008).

Para a fabricação deste produto não é necessária a mudança do processo comum de fabricação das sacolas plásticas (filmes poliméricos), para isto é utilizado aditivos nesta fabricação, dentre eles o d2w, feito de elementos químicos e desenvolvido por engenheiros e pesquisadores a fim de se diminuir o tempo de degradação do plástico convencional (RESBRASIL, 2013).

A principal vantagem dessa tecnologia é a diminuição no tempo de degradação do plástico, além de se alegar que esta degradação não prejudica de forma alguma o meio ambiente.

As principais vantagens dos plásticos oxibiodegradáveis são:

- Podem ser recicláveis por todos os métodos juntamente com os plásticos convencionais antes do início de sua degradação;
- Podem ser fabricados a partir de plásticos reciclados;
- Podem ser reutilizados enquanto não começarem a degradar;
- Devem ser coletados seletivamente junto com os plásticos convencionais;
- São testados, seguros e aprovados para contato com alimentos;
- Não emitem Metano em sua degradação;

- São Oxi-Degradáveis e são Biodegradáveis após a Oxi-Degradação.

Apesar das diversas vantagens levantadas por pesquisadores, muitos questionamentos ainda são levantados, já que são poucas as pesquisas veiculadas a respeito dessa nova tecnologia, apesar dela atender as normativas existentes.

A tecnologia de se adicionar aditivos ao plástico a fim de acelerar a degradação é uma das mais novas medidas de diminuir o impacto do plástico, assim surgiu o plástico Oxibiodegradável, muito encontrado hoje em dia. Estima-se em média de 150 empresas brasileiras utilizam o plástico oxibiodegradável segundo WALDMAN, (2004).

## 2.7 LEGISLAÇÕES E NORMATIVAS

No Brasil a preocupação para com o impacto que a destinação incorreta das sacolas plásticas podem causar no ambiente tem feito com cada vez mais legislações sejam criadas a fim de restringir sua utilização. Alguns estados têm suas próprias legislações, umas que proíbem a utilização dos sacos plásticos e outras de determinam regras para o fornecimento das mesmas. Com este mesmo intuito foi apresentado o Projeto de Lei (PL) 1.022 no ano de 2011 para Minas Gerais do deputado Leonardo Moreira, onde o mesmo estabelece normas de fornecimento das sacolas plásticas pelo comércio, entre estas normas, algumas especificações que atendam a ABNT como por exemplo peso e volume suportado pela sacola.

O Brasil ainda não tem uma normativa específica a respeito da utilização das sacolas biodegradáveis ou oxibiodegradáveis, porém algumas normas internacionais regulamentam a utilização das sacolas oxibiodegradáveis, além de outras ressaltarem sobre os testes que foram realizados para se comprovar a eficiência das mesmas.

O aditivo d2w é aprovado pelo padrão de teste internacional ASTM (American Society for Testing and Materials) D 6954-04 (RESBRASIL, 2013).

Sem as devidas normativas brasileiras necessárias, as normas que regulamentam a oxibiodegradação são internacionais, regulamentadas pela ASTM.

As principais normas que regulamentam essa tecnologia são:

“ASTM D6954-04: “Exposição & teste de plásticos degradáveis no meio ambiente por uma combinação de oxidação e biodegradação” Tal padrão consiste em três fases, ou etapas, as quais podem ser conduzidas para demonstrar que um material satisfaz os requisitos essenciais para ser considerado plástico oxibiodegradável, ou seja, fragmentação do polímero, biodegradação posterior do polímero fragmentado em 24 meses, e também demonstrar que não há resíduos nocivos.”

Esta norma fornece dados para comparar e classificar as taxas controladas de laboratório de degradação e do grau de perdas de polímeros de propriedades físicas pelos processos térmicos e foto-oxidação, bem como a biodegradação e impactos ecológicos em aplicações definidas e ambientes de eliminação após a degradação. Ambientes de eliminação vão desde a exposição no solo, aterro sanitário e compostagem

ASTM D5988 – 12: “Método de Teste Padrão para Determinar a biodegradação aeróbica de materiais plásticos em Solo.” Este método de teste cobre determinação em laboratório de condições, grau e taxa de biodegradação aeróbia de materiais plásticos, incluindo aditivos de formulação, em contato com o solo. Este método de teste é projetado para medir a biodegradabilidade de materiais plásticos em relação a um material de referência em um ambiente aeróbico. Foi desenvolvido para ser aplicável a todos os materiais plásticos que não inibem as bactérias e os fungos presentes no solo.

O método de ensaio descrito consiste na seleção de material plástico para a determinação da biodegradabilidade aeróbia, obtendo-se uma matriz de solo de fonte inoculada, expondo o material de plástico para o solo, medindo o dióxido de carbono libertado pelos microrganismos com a função do tempo, e avaliar o grau de biodegradabilidade. O grau de biodegradabilidade é medido neste teste a partir da produção de CO<sub>2</sub> medida no material em relação ao tempo.

## 2.8 GASES PRESENTES NO SOLO

A caracterização de fluxos entre os compartimentos (litosfera, atmosfera e hidrosfera) constata que a fase gasosa do solo apresenta, qualitativamente, os mesmos componentes principais presentes no ar atmosférico, sendo estes o O<sub>2</sub>(oxigênio), CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) e N<sub>2</sub> (nitrogênio) (ROSA E ROCHA, 2003).

Se observarmos do ponto quantitativo averigua-se que estes componentes do solo podem sofrer variações devido a respiração das raízes, dos microrganismos, à decomposição da matéria orgânica e de reações ocorridas no solo (ROSA E ROCHA, 2003).

Devido a estes fatores há consumo de O<sub>2</sub> e liberação de CO<sub>2</sub> o que provoca constantes alterações nos fluxos entre os compartimentos e conseqüentemente, a composição do ar do solo não é fixa (ROSA E ROCHA, 2003).

Na atmosfera os componentes têm uma composição média de 21% de O<sub>2</sub>, 0,03% de CO<sub>2</sub> e 72% de N<sub>2</sub> já no solo estes valores sofrem uma pequena variação com valores médios de 19% de O<sub>2</sub>, 0,9% de CO<sub>2</sub> e 79% de N<sub>2</sub> (ROSA E ROCHA, 2003)

## 2.9 ATERRO SANITÁRIO E PROCESSO DE ATERRAGEM

Aterro sanitário é definido pela CETESB (2014) como uma obra de engenharia que tem o objetivo de acomodar no solo resíduos de descarte no menor espaço possível, causando o menor dano possível ao meio ambiente e sociedade.

O aterro sanitário utiliza a técnica de aterragem. Esta técnica consiste basicamente na compactação dos resíduos no solo na forma de camadas (células) que são periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte (CESTEB, 2014).

O aterro deve ter preferencialmente uma vida útil superior a 10 anos e o mesmo deve ser monitorado por mais alguns anos após o seu fechamento (UNIPAC VALE DO AÇO, 2014)

No processo de decomposição dos resíduos ocorre a liberação de alguns gases e líquidos (chorume) que são muito poluentes e requerem tratamentos adequados.

Em um aterro sanitário deve-se ter maiores cuidados com a seleção da área, preparação, impermeabilização do solo, operação e encerramento do aterro (UNIPAC VALE DO AÇO, 2014).

O aterramento pode seguir três métodos segundo a Universidade Católica de Goiás (2014) os principais métodos de aterragem são:

- **Método da trincheira:** Utiliza-se de trincheiras de grandes dimensões onde os resíduos são descarregados em seu interior e compactados mecanicamente.
- **Método da rampa:** Área de encosta onde o resíduo vai sendo depositado conforme a sua declividade existente até que a célula fique no mesmo plano do topo da encosta.
- **Método da área:** Consiste na formação de camadas de resíduos compactados (sistema de piramidal) que serão sobrepostas acima do nível original do terreno.

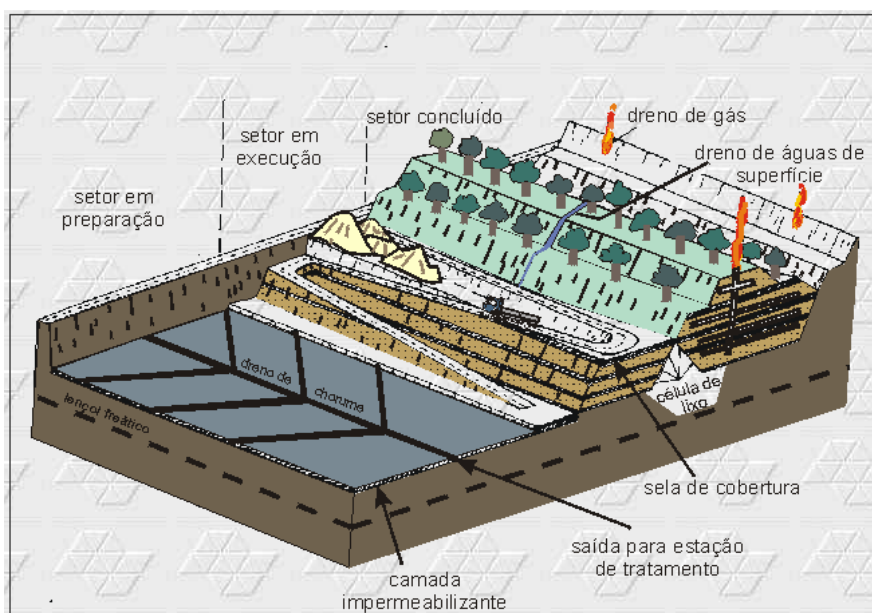
Um dos principais gases gerados é o metano que segundo Portal Brasil (2012) é 21 vezes mais poluente quando comparado com o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), portanto este gás deve ser captado e pode ser aproveitado para geração de energia devido ao seu potencial energético ou deve ser queimado antes de ser liberado para a atmosfera.

Na preparação da área são realizados os seguintes procedimentos, a impermeabilização, nivelamento do terreno, obras de drenagem para captação do chorume (ou percolato) para conduzi-lo ao tratamento e vias de circulação. (UNESP, 2014).

Na execução os resíduos são pesados na entrada para acompanhamento do suporte do aterro e depositados conforme disposição do aterro. (UNESP, 2014).

Após o seu tempo de vida útil o aterro é encerrado e sua área pode ter um uso posterior porém esta deve ser monitorada até a estabilização da massa de resíduos (UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GÓIAS, 2014).

Esquema de um aterro sanitário conforme Figura 2.



**Figura 2** - Esquema de um aterro sanitário. Adaptado de UNESP, 2014



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no município de Inconfidentes - Minas Gerais, na fazenda escola do Instituto Federal Sul de Minas – Câmpus Inconfidentes, nas coordenadas a 22°18'49,61”(S) de latitude, e 46° 20'0,93” (W) de longitude e 869 metros de altitude, onde o clima da região, segundo a classificação de KOEPPEN, é do tipo, tropical úmido, com duas estações definidas: chuvosa (outubro/março) e seca (abril/outubro), onde a temperatura média é de 23°C com precipitação pluviométrica média anual de 1500 mm

O experimento foi instalado no lado esquerdo da estrada de terra que liga a Fazenda-Escola a Rodovia MG-290, próximo ao bananal conforme demonstrado na Figura 3. Na área o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. Para a escolha do local levou-se em consideração o acesso restrito e o isolamento a fim de impedir alteração nos resultados por quaisquer meios não naturais. A área escolhida tinha dominância de uma gramínea forrageira do gênero *Brachiaria*.



**Figura 3** - Vista da área do experimento na Fazenda-Escola do IFSULDEMINAS-Câmpus Inconfidentes, **Fonte:** Google Earth, 2014.

### 3.1 PREPARAÇÃO E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado no dia 23 de julho de 2013. Antes da instalação a área foi devidamente limpa com o auxílio de uma enxada, deixando o solo exposto às intempéries do tempo.

Para garantir a efetividade dos resultados o local foi devidamente cercado com arame farpado, identificado com uma placa e demarcado com estacas de bambu as parcelas conforme Figura 5.

A área de implantação é de 4,0 x 4,0 metros, com 16 parcelas de 1,0 x 1,0 metro totalizando uma área de 16 m<sup>2</sup>.

Para o estudo em questão utilizou-se sacolas do tipo comuns (sem aditivos) e sacolas do tipo oxibiodegradáveis (com aditivos).

As sacolas oxibiodegradáveis utilizadas apresentavam o aditivo d2w, em que apresentava os seguintes elementos químicos na sua composição, um sal derivado de metais de transição tais como cobalto (Co), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) (RAPRA, 2012). Estas sacolas foram adquiridas em loja de varejo que utilizam-a para empacotar seus produtos, e identificadas pelo fabricante exclusivo.

Em cada parcela alocou-se três sacolas de cada tipo como demonstra a Figura 4, constituindo um total de vinte e quatro sacolas, 12 no horizonte A e 12 no horizonte B sendo utilizadas sacolas comuns (sem aditivo) (PC) e sacolas oxibiodegradáveis (com aditivo) (Poxi).



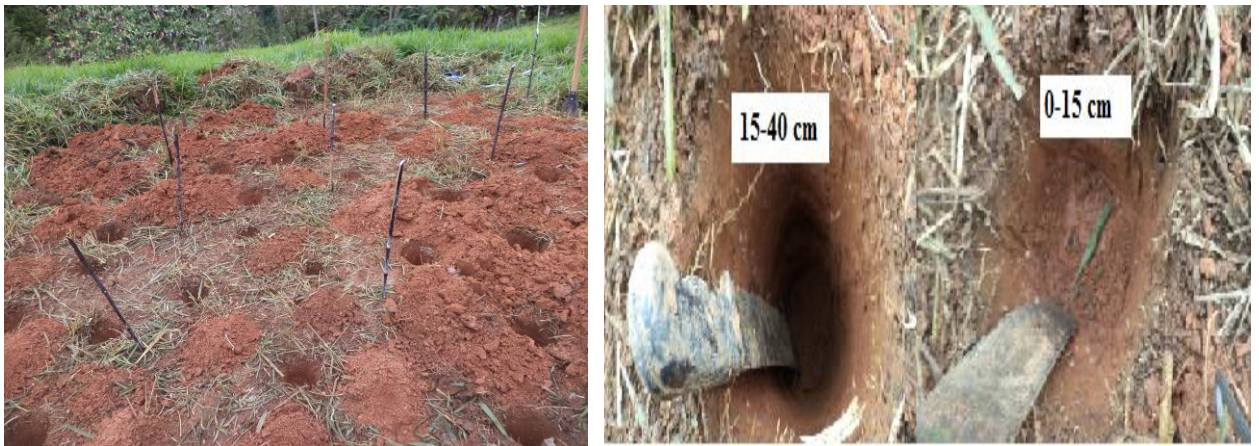
**Figura 4** – Tipos de sacolas utilizadas no experimento. **Fonte:** Elaboração Própria

A cova foi aberta com o auxílio de uma cavadeira para a alocação das sacolas proporcionando uma cova com 10 cm de diâmetro com as seguintes profundidades de 0-15 cm (horizonte A) e de 15-40cm (horizonte B). Pode-se observar a instalação do experimento nas (FIGURAS 5 e 6).



**Figura 5** - Local de instalação do experimento **Fonte:** Elaboração Própria





**Figura 6** - Abertura de covas **Fonte:** Elaboração Própria

### 3.2 AMOSTRAGENS DE SOLO

As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-15cm (horizonte A) e de 15-40cm (horizonte B) de acordo com metodologia de Santos e Lemos, (2005).

As amostras de solos foram coletadas conforme Figura 7 antes da instalação do experimento e após um ano do experimento em campo. Para a coleta utilizou-se um trado para auxiliar a retirada de solo de cada cova. Estas foram colocadas em um balde e homogeneizadas e encaminhadas ao laboratório de solos do IFSULDEMINAS- Câmpus Inconfidentes.



**Figura 7** - Coleta de amostra de solos **Fonte:** Elaboração Própria

### 3.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Antes da instalação do experimento realizou-se análises físicas e químicas, que foram realizadas nos laboratórios do IFSULDEMINAS-Câmpus Inconfidentes. O parâmetro da análise física foi a textura do solo e foi realizada pelo método da pipeta. Os parâmetros relacionados a análise química foram: pH em água, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, alumínio, ferro. Calculou-se também a saturação por bases, saturação por alumínio e capacidade de troca de cátions. As análises químicas e físicas foram realizadas conforme metodologia da Embrapa, (2009). Também foi observado o estado físico (fragmentação, coloração, odor) das sacolas no solo.

### 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

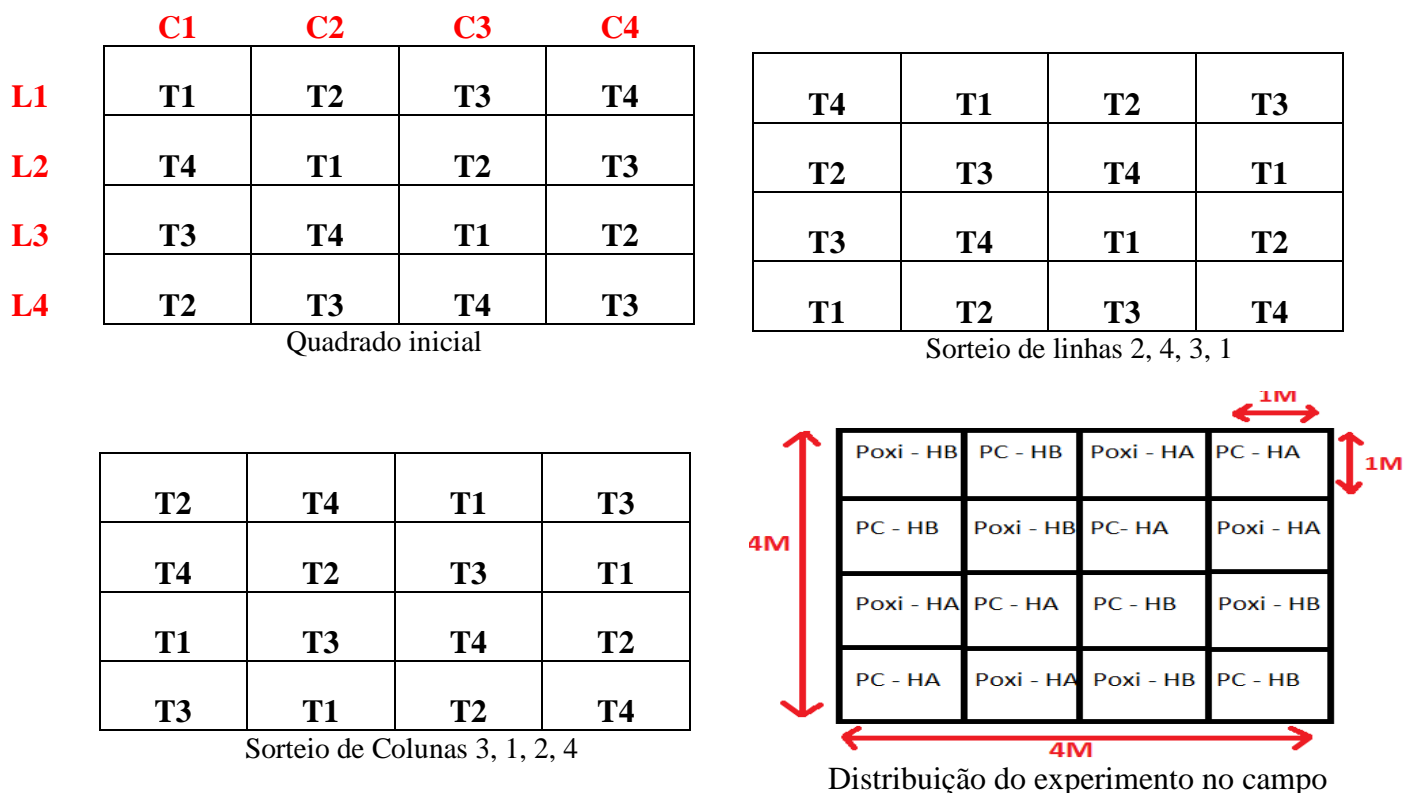
Para averiguar se houve diferença ou não das análises químicas utilizou-se o teste *t* de Student para duas amostras populacionais independentes e será considerado as probabilidades de 10%, 5% e 1%.

Em campo utilizou-se quatro tratamentos, sendo estes:

- Tratamento 1: sacolas oxibiodegradáveis (Poxi) e enterradas no horizonte A (HA)
- Tratamento 2: sacolas oxibiodegradáveis (Poxi) e enterradas no horizonte B (HB)
- Tratamento 3: sacolas comuns (PC) e enterradas no horizonte A (HA)
- Tratamento 4: sacolas comuns (PC) e enterradas no horizonte B (HB)

Para garantir a casualização realizou-se o sorteio de linhas e colunas garantindo assim que todas as parcelas recebam as mesmas influencias do ambiente

O sorteio para a determinação da disposição final do experimento Figura 8.



**Figura 8** - Determinação da disposição final do experimento. **Fonte:** Elaboração Própria

Para calcular se houve diferença estatística entre as análises químicas, escolheu-se os principais parâmetros e separou os mesmos em dois grupos, o primeiro com a unidade  $\text{mg}/\text{dm}^3$  e o segundo  $\text{Cmol}/\text{dm}^3$ , para assim garantir a efetividade dos resultados já que os parâmetros contêm unidades diferentes.

Para simplificar a explicação das análises estatísticas nomeou-se as análises realizadas antes da instalação do experimento (Amostragem 1), e a análise realizada após o término do experimento (Amostragem 2).

Realizou-se a subtração dos valores obtidos na análise e efetuou-se a média dos valores subtraídos, sendo uma média para o grupo de  $\text{mg}/\text{dm}^3$  e outra para o grupo de  $\text{Cmol}/\text{dm}^3$ .

Obtido o cálculo da média, calculou-se o desvio padrão através da função *DESVPAD* do Excel e a variância que é o desvio padrão ao quadrado.

Para o cálculo do t-calculado utilizou-se a seguinte fórmula:

$$t = \frac{\hat{m} - m_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Onde:

**t** = t-calculado

**$\hat{m}$**  = média

**$m_0$**  = média de uma característica de uma população

**s** = desvio padrão

**n** = número da população

Após os cálculos considera-se as seguintes hipóteses:

- $H_0$  = Não houve diferenças na composição química do solo
- $H_1$  = Há diferenças na composição química do solo

Sendo que:

- $t$ -calculado <  $t$ -tabelado aceita-se  $H_0$ ;
- $t$ -calculado >  $t$ -tabelado rejeita-se  $H_0$ .

A análise dos parâmetros químicos foi realizada para cada horizonte, conforme os cálculos da tabela 1 e 2.

**Tabela 1** – Cálculos dos parâmetros analisados para o horizonte A

Teores dos parâmetros em mg/dm <sup>3</sup>								
Análise Química(Hz-A)	P	K	Zn	Fe	Mn	Cu	B	P+rem
Amostral 1	8,87	18,9	0,3	53,1	7,5	0,51	0,43	10,9
Amostral 2	2,09	35,3	0,48	69,1	0,35	0,35	0,07	34,05
Subtração	<b>6,78</b>	<b>-16,4</b>	<b>-0,18</b>	<b>-16</b>	<b>7,15</b>	<b>0,16</b>	<b>0,36</b>	<b>-23,15</b>

Teores dos parâmetros em Cmol/dm <sup>3</sup>						
Análise Química(Hz-A)	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
Amostral 1	0,34	0,14	6,79	1,1	0,52	7,31
Amostral 2	0,69	0,5	2,3	0	1,28	3,58
Subtração	<b>-0,35</b>	<b>-0,36</b>	<b>4,49</b>	<b>1,1</b>	<b>-0,76</b>	<b>3,73</b>

**Tabela 2** - Cálculos dos parâmetros analisados para o Horizonte B

Teores dos parâmetros em mg/dm <sup>3</sup>								
<b>Análise Química(Hz-B)</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>B</b>	<b>P+rem</b>
Amostral 1	8,37	1,7	0,01	18,4	1,9	0,37	0,27	0,01
Amostral 2	2,01	21,2	0,63	83,1	0,49	0,49	0,14	20,76
Subtração	<b>6,36</b>	<b>-19,5</b>	<b>-0,62</b>	<b>-64,7</b>	<b>1,41</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>-20,75</b>

Teores dos parâmetros em Cmol/dm <sup>3</sup>					
<b>Análise Química(Hz-B)</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>H+Al</b>	<b>SB</b>	<b>CTC</b>
Amostral 1	0,31	0,1	2,3	0,42	2,72
Amostral 2	1,08	0,69	2,78	1,82	4,6
Subtração	<b>-0,77</b>	<b>-0,59</b>	<b>-0,48</b>	<b>-1,4</b>	<b>-1,88</b>



#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O experimento durou cerca de um ano, totalizando 392 dias em campo.

A partir dos resultados das análises químicas realizou-se a comparação com o auxílio da análise estatística dos resultados a fim de se verificar se houve influência da degradação das sacolas nos parâmetros químicos do solo.

As análises químicas também ocorreram em duas etapas, antes da implantação do experimento e após um ano de sua implantação. Os resultados são demonstrados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Resultado das análises químicas

Parâmetro	Horizonte A (Antes)	Horizonte A (Depois)	Horizonte B (Antes)	Horizonte B (Depois)
pH em água	4,22	5,85	5,48	5,8
P	8,87	2,09	8,37	2,01
K	18,9	35,3	1,7	21,2
Ca	0,34	0,69	0,31	1,08
Mg	0,14	0,5	0,1	0,69
H + Al	6,79	2,3	2,3	2,78
Al	1,1	0	0	0
M. O. (g/dm <sup>3</sup> )	3,28	1,72	1,9	2,76
Ca/Mg	2,43	1,38	3,03	1,56
Mg/K	2,86	5,55	23,85	12,75
Zn	0,3	0,48	0,01	0,63
Fe	53,1	69,1	18,4	83,1
Mn	7,5	0,35	1,9	0,49
Cu	0,51	0,35	0,37	0,49
B	0,43	0,07	0,27	0,14
P + rem	10,9	34,05	0,01	20,76
SB	0,52	1,28	0,42	1,82
CTC	7,31	3,58	2,72	4,6
V (%)	7,14	35,85	15,54	39,67

— P+ rem = fósforo remanescente; SB= soma de bases; CTC = Capacidade de Troca de Cátions; V = saturação de bases. —

Conforme pode-se observar na Tabela 3 dos dezenove parâmetros analisados apenas seis sofreram maiores alterações, sendo estes o fósforo (P), saturação de bases (V%), manganês (Mn), Ferro (Fe) e o fósforo remanescente (P+rem) sendo que alguns destes parâmetros encontravam-se no horizonte A e outros no horizonte B.

A saturação por bases indica o nível de fertilidade do solo, ou seja, uma baixa saturação por bases significa que quantidades menores dos cátions básicos de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ), adsorvidos nos coloides do solo e existe uma maior adsorção de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e hidrogênio ( $\text{H}^+$ ), (GISMONTI, 2012). Conforme podemos observar na Tabela 3 a saturação por bases teve um aumento significativo, mas contudo não se pode afirmar que seja resultado do efeito da degradação inicial das sacolas.

O aditivo presente nas sacolas apresenta na sua composição química o manganês (Mn). Pela análise química do solo verificou-se uma alteração deste elemento, ou seja, uma diminuição de aproximadamente vinte e uma vezes em relação ao seu valor inicial no horizonte A, e cerca de quatro vezes no horizonte B. Através desta observação pode-se interpretar que a degradação das sacolas oxibiodegradável talvez não tenha contribuído para que houvesse um aumento do manganês no solo visto que as mesmas encontravam-se no estágio inicial de deterioração, caso o experimento tivesse um período maior de duração talvez pudesse ocorrer uma influência da degradação neste elemento do solo.

Também está presente no aditivo das sacolas oxibiodegradáveis, o ferro (Fe), este elemento sofreu uma alteração significativa principalmente no horizonte B, apresentando valores aproximadamente quatro vezes maior em relação ao seu valor inicial. Não se pode afirmar que este aumento tenha ocorrido devido a degradação das sacolas, visto que não é informado se o ferro é liberado mais facilmente no estágio inicial de degradação. Este aumento ocorreu apesar das sacolas neste horizonte não apresentarem alteração visual da cor e fragmentação.

Quanto ao elemento fósforo (P) seu teor diminuiu nos dois horizontes cerca de quatro vezes em relação ao seu valor inicial. No solo a disponibilidade deste elemento depende das formas em que ele ocorre, sendo que em muitos casos encontra-se na forma mineral, ou seja, não prontamente disponível para as plantas e a sua disponibilidade varia com a composição granulométrica do solo. A diminuição no seu teor após quase um ano pode ter ocorrido através da absorção pelos microrganismos. Já para a análise do fósforo remanescente (P+rem) que indica a quantidade de fósforo presente no solo que não foi absorvida pela planta segundo GISMONTI, (2012), verificou-se uma diferença significativa no horizonte B em

relação ao seu valor inicial, assim este aumento está indicando o poder de transferência de fósforo da solução para o solo e vice versa. Entretanto, não se pode afirmar que o valor apresentado tenha sido influenciado pela degradação das sacolas.

#### 4.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Através das análises estatísticas realizadas utilizando a metodologia do teste *t* de Student verifica-se que não houve diferença na composição química do solo no horizonte A visto que o *t*-calculado (1,2560066) e (1,4096575) é menor que o *t*-tabelado de 10% (1,9) 5% (2,36) e 1% (3,5), portanto aceita-se H<sub>0</sub>. Porém no horizonte B nos parâmetros cálcio(Ca), magnésio (Mg), H+AL, Soma de bases (SB) e CTC as análises estatísticas resultaram que há diferenças na composição química do solo para estes, nas probabilidades de 10% e 5% de significância, ou seja, *t*-calculado (3,83906) é maior que *t*-tabelado 10% (2,13) e 5% (2,78), portando rejeita-se H<sub>0</sub> e aceita-se H<sub>1</sub>.

Apesar das análises estatísticas considerarem que não houve diferença entre os parâmetros do horizonte A, e dos parâmetros fósforo(P), Potássio (K), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Boro (B) e fósforo remanescente (P+rem) do horizonte B, observou-se cada parâmetro individualmente que sofreram alteração a fim de se justificar as mesmas.

#### 4.2 OBSERVAÇÃO DAS SACOLAS

Após a abertura das covas, retirou-se as sacolas do solo observando o estado físico das mesmas. As sacolas comuns (sem aditivo) não sofreram quaisquer alterações nos parâmetros odor, cor e fragmentação, o que também foi verificado por Humberto (2012), em que a degradação deste tipo de sacolas duram em média 500 anos.

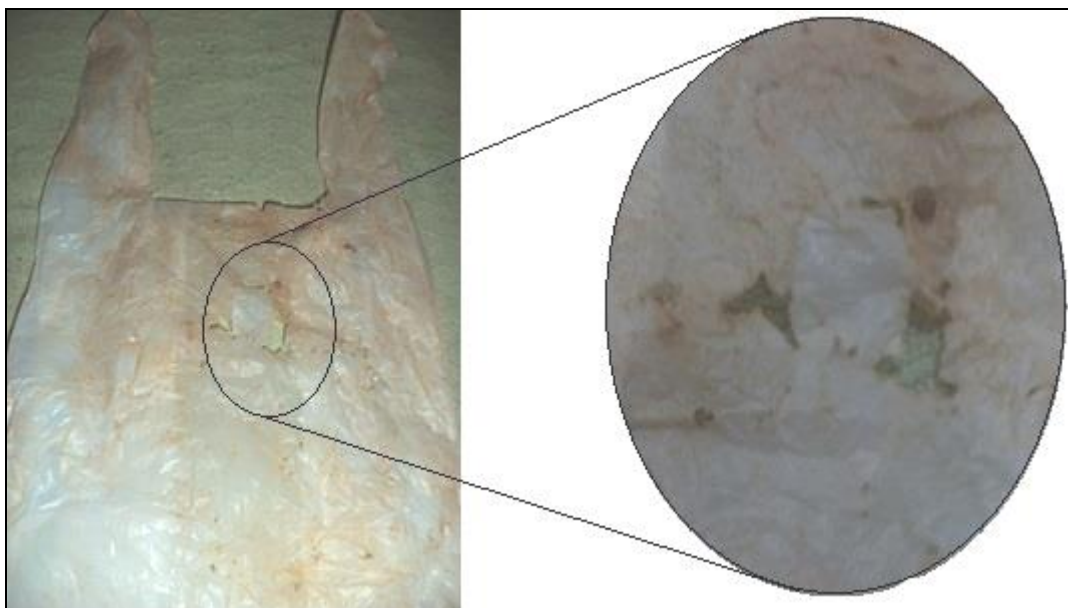
Com relação as sacolas oxibiodegradáveis, verificou-se que houve um início de degradação em três sacolas, visto que os parâmetros cor encontrava-se alterado e com início de fragmentação. As sacolas em que foi observado o início de fragmentação encontravam-se alocadas no horizonte A como pode-se observar na Figura 9. Como ocorreu na camada mais superficial do solo, pode ter sido consequência de melhor oxigenação, facilitando a degradação. Entretanto considerando o universo de 12 sacolas neste horizonte, e duas sacolas

em estado de degradação numa mesma parcela, pode ser resultado de melhores condições físicas do solo relacionada a estruturação.

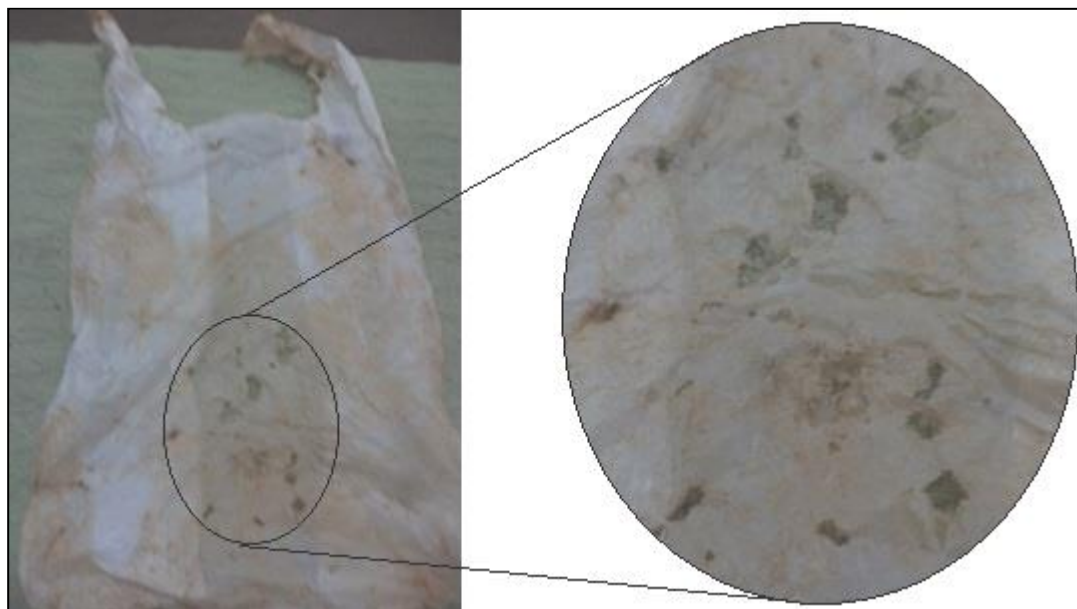
A Funverd, (2013) menciona que o tempo de degradação da sacola oxibiodegradável ocorre em média com 18 meses, porém foi observado no experimento e mostrado nas figuras 10, 11 e 12, que para a condição estudada a degradação total talvez não fosse atingida neste tempo, pois com um ano, apenas pouco pontos estavam deteriorados.

Poxi-HB	PC-HB	Poxi-HA	PC-HA
PC-HB	Poxi-HB	PC-HA	Poxi-HA
Poxi-HA	PC-HA	PC-HB	Poxi-HB
PC-HA	Poxi-HA	Poxi-HB	PC-HB

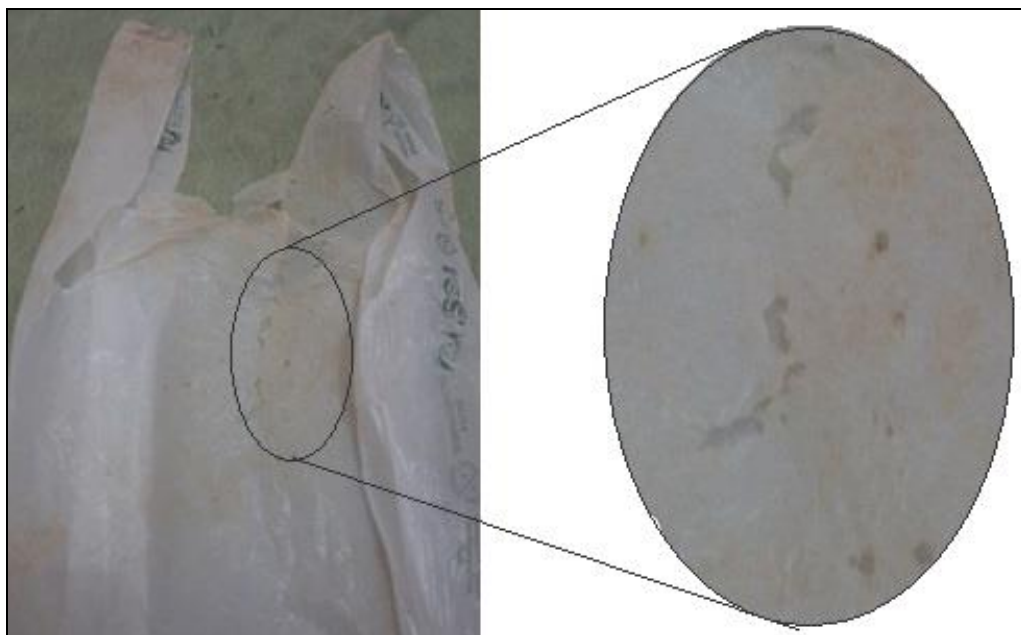
**Figura 9** - Parcelas contendo sacolas com início de degradação **Fonte:** Elaboração Própria



**Figura 10** - Sacola 1 - início de fragmentação **Fonte:** Elaboração Própria



**Figura 11** - sacola 2 - início de fragmentação **Fonte:** Elaboração Própria



**Figura 12** –sacola 3 - início de fragmentação **Fonte:** Elaboração Própria

As sacolas observadas nas figuras 10, 11 e 12 iniciaram o processo de oxidação visto que se verifica alteração do parâmetro cor e início de fragmentação. Através destas informações pode-se dizer que as sacolas nas condições do experimento poderão sofrer a oxibiodegradação visto que o ar presente no solo é constituído de 19% de oxigênio ( $O_2$ ) segundo ROSA E ROCHA, (2003), proporcionando assim condições aeróbias em uma profundidade de 0 a 15cm do solo porém para que esta degradação ocorra por completa talvez seja necessário um período maior do que 18 meses.

Porém nas camadas mais profundas de 0-40cm a oxibiodegradação poderá não ocorrer, visto que a profundidade pode ocasionar condições anaeróbias, não fornecendo assim condições necessárias para a oxibiodegradação.

Em aterros sanitários as sacolas oxibiodegradáveis possivelmente não sofrerão a oxibiodegradação visto que as condições necessárias para que esta ocorra, ou seja luz, oxigênio e calor não se encontraram disponíveis já que o aterramento proporciona a não entrada de oxigênio devido a compactação dos resíduos e conseqüentemente a não entrada de luz, interferindo nos fatores necessários para que ocorra a oxibiodegradação FUNVERD, (2013).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Não se detectou nenhuma alteração pela cor, fragmentação e odor para as sacolas comuns no tempo considerado do experimento.

As sacolas oxibiodegradáveis apresentaram início do processo de degradação mostrando alguns pontos de fragmentação e alteração da cor, principalmente na camada de 0-15cm de profundidade, correspondente ao horizonte A.

As sacolas, independentemente do tipo, enterradas no horizonte B não sofreram nenhuma alteração no período aproximado de um ano (392 dias).

Face aos resultados encontrados, considera-se que para o tempo estudado não houve degradação/decomposição das sacolas, portanto indicando ser insuficiente o período de observação, assim recomenda-se que o experimento seja conduzido por um maior período de tempo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPLAST – Associação brasileira do plástico - (Brasil). **Os plásticos**. s/d. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/site/os-plasticos>>. Acesso em: 21 set. 2014.

ABRIL – **Reciclagem** – Online. Disponível em:

<<http://www.abril.com.br/noticias/economia/revista-inglesa-usa-plastico-soluvel-como-embalagem-582567.shtml>> Acessado em: 10 de maio de 2013.

EDUCA (Portugal). **Polímeros e Materiais Poliméricos**. s/d. Disponível em:

<[http://educa.fc.up.pt/ficheiros/noticias/69/documentos/108/Manual Polímeros e Materiais poliméricos NV.pdf](http://educa.fc.up.pt/ficheiros/noticias/69/documentos/108/Manual%20Polímeros%20e%20Materiais%20poliméricos%20NV.pdf)>. Acesso em: 21 de Setembro de 2014.

EMPLASMYL – **Sacolas Ecologicamente Corretas**. Online. Disponível em:

<<Http://Www.Emplasmyl.Com.Br/Sacolas-Ecologicamente-Corretas>> Acesso em: 02 de Abril de 2013

FUNVERD – **Oxibiodegradável**. Online. Disponível em:

<<http://www.funverde.org.br/blog/sacolas/projeto-sacolas-ecologicas>> Acessado em: 17 de Fevereiro de 2013



FUNVERD (Brasil). **O que são plásticos oxibiodegradáveis**. 2010. Disponível em: <<http://www.funverde.org.br/blog/o-que-sao-plasticos-oxibiodegradaveis/>>. Acesso em: 21 de Setembro de 2014.

GISMONTI, AGRONOMIA COM. **Fosforo remanescente, nível crítico, fosforo relativo**. , 2012. Acesso em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/03/fosforo-remanescente-nivel-critico.html>>. Acesso em: 09 de Outubro de 2014.

GISMONTI, AGRONOMIA COM. **Fosforo remanescente, nível crítico, fosforo relativo**. , 2012. Acesso em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/07/percentagem-de-saturacao-por-bases-v-na.html>>. Acesso em: 09 de Outubro de 2014.

GORNI A. AUGUSTO – **A história do plástico**. Editor Técnico, Revista Plástico Industrial s/d.

HUMBERTO HENRIQUE - **Brasileiros consomem 15 milhões de sacolas plásticas por hora**. Disponível em: <<http://www.humbertohenrique.com.br/colunas/183-voce-sabia/969-brasileiros-consomem-1-milhao-de-sacolas-plasticas-por-hora.html>>. Acesso em: 12 de Junho de 2013.

HUMBERTO HENRIQUE – **Você sabia**. Online. Disponível em: <<http://www.humbertohenrique.com.br/colunas/183-voce-sabia/969-brasileiros-consomem-15-milhao-de-sacolas-plasticas-por-hora.html>> Acessado em: 10 de agosto de 2012.

NASCIMENTO, Leonardo Borges. **O impacto das sacolas plásticas no meio ambiente**. 2011. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Cândido Mendes, Niterói, 2011. Disponível em: <[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/n204200.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/n204200.pdf)>. Acesso em: 21 de Setembro de 2014.

PEREIRA, Daniel. **Sacolas plásticas X meio ambiente**. 2007. Disponível em: <<http://www.sermelhor.com.br/ecologia/sacolas-plasticas-x-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 23 de setembro de 2014.

PLASTIVIDA – **Plásticos**. Online. Disponível em: < [www.plastivida.org.br](http://www.plastivida.org.br)> Acessado em: 13 de Agosto de 2012.

PLASTIVIDA. **Posicionamento Plastivida Sacolas plásticas: a solução está no consumo responsável**. Disponível em:

<[http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/121\\_PosicionamentoReducaoSacolas\\_21.pdf](http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/121_PosicionamentoReducaoSacolas_21.pdf)>. Acesso em: 23 de Setembro de 2014.

PORTAL BRASIL (Brasil). **Aterros sanitários protegem ambiente de contaminação**. 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/04/aterros-sanitarios-protegem-meio-ambiente-de-contaminacao>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2014.

PORTAL SÃO FRANCISCO (Brasil). **História do Plástico**. 2014. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/plasticos/historia-do-plastico.php>>. Acesso em: 17 de Setembro de 2014.

RAMALHO, MAYRA. **Plásticos Biodegradáveis provenientes da cana de açúcar**. 2009. 45 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia de Produção, Fatec, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-2/tcc-123.pdf>>. Acesso em: 13 de Setembro de 2014.

RAPRA, SMITHERS – **Plásticos Biodegradáveis**. Online. Disponível em: <<http://www.rapra.net/consultancy/biodegradable-plastic.asp>> Acessado em: 10 de agosto de 2012.

RECICLOTECA (CENTRO DE INFORMAÇÕES SOBRE RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE). **Conceitos: Biodegradável e Oxibiodegradável**. 2010. Disponível em: <<http://http://www.recicloteca.org.br/consumo/conceitos-biodegradavel-e-oxibiodegradavel/>>. Acesso em: 11 de maio de 2013.

REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL – **Aditivos**. Online. Disponível em:  
<<http://www.emplasmyl.com.br/sacolas-ecologicamente-corretas>> Acesso em: 18 de  
Novembro de 2012.

RESBRASIL – **Certificadora da tecnologia d2w**. Online. Disponível em:  
<[http://www.resbrasil.com.br/interna.php?id\\_categoria=7](http://www.resbrasil.com.br/interna.php?id_categoria=7)> Acesso em: 20 de abril de 2013.

ROLIM, ALINE MARQUES. **A reciclagem de resíduos plásticos pós consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul**. 2000. 142 f. Dissertações (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em:  
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2397/000273408.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 de Setembro de 2014.

ROSA, André Henrique; ROCHA, Júlio Cesar. **Fluxos de matéria e energia no reservatório solo: Da origem a importância para a vida: Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, 2003. 5 v.

SANTOS R. D. E LEMOS R. C. - **Manual de descrição e coleta de Solo no campo**. 5ª edição Viçosa 2005, Suprema gráfica e editora Ltda.

SCOTT, GERALD ET AL. **Biodegradable plastics association: Nota Explicativa sobre Plásticos Biodegradáveis**. 06 de Outubro de 2006.

SERRA DO CARAÇA (Brasil). **Entenda a polêmica da proibição das sacolas plásticas**. Disponível em: <[http://www.serradocaraca.tur.br/noticia-24-Entenda\\_a\\_polemica\\_da\\_proibicao\\_das\\_sacolas\\_plasticas](http://www.serradocaraca.tur.br/noticia-24-Entenda_a_polemica_da_proibicao_das_sacolas_plasticas)>. Acesso em: 23 de Setembro 2014.

SIMPLÁS (Brasil). **Sacolas plásticas: a solução está no uso consciente**. 2014. Disponível em: <[http://www.simplas.com.br/?page=artigos\\_detalhes&id\\_artigo=5](http://www.simplas.com.br/?page=artigos_detalhes&id_artigo=5)>. Acesso em: 18 de Novembro de 2014.

SISCOMPETE – Sistema de inteligência competitiva. **Lista de Termos:** Sacola plástica. s/d. Disponível em: <<http://www.siscompete.com.br/DetalheTermo.aspx?IDTermo=1450795>>. Acesso em: 21 de Setembro de 2014.

UNESP (Brasil). **Formas de disposição de resíduos:** Aterro sanitário. 2014. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2014.

UNIPAC VALE DO AÇO (Brasil). **Manual de operação de aterros sanitários.** 2014. Disponível em: <<http://www.unipacvaledoaco.com.br/ArquivosDiversos/Cartilha Operacão Aterro Sanitário CONDER.pdf>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2014.

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GÓIAS (UCG) (Brasil). **Métodos de disposição final de resíduos sólidos urbanos.** 2014. Disponível em: <<http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/10139/material/Aterro Sanitário.pdf>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2014.

VIEIRA L. S. - **Manual de morfologia e classificação de solos.** Editora: Agronômica Ceres Ltda São Paulo – 1983

WALDMAN MAURICIO – **Guia Ecológico doméstico.** Editora Contexto. Entrevista para a Revista New Scientist – Sacola Plástica. Online. Disponível em: <<http://www.sermelhor.com/artigo.php?artigo=56&secao=ecologia>> Acessado em: 20 de novembro de 2012.

