



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS**

**MATTHEWS LOBO GALVÃO**

**EFICIÊNCIA DA GRAMÍNEA *Paspalum notatum* Flügge (Poaceae) PARA  
PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DE TALUDES EM ATERRO  
SANITÁRIO INDUSTRIAL**

CUIABÁ - MT  
2016

**MATTHEWS LOBO GALVÃO**

**EFICIÊNCIA DA GRAMÍNEA *Paspalum notatum* Flügge (Poaceae) PARA  
PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DE TALUDES EM ATERRO  
SANITÁRIO INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Mato Grosso para a obtenção do título de mestre em Recursos Hídricos.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Aldecy de Almeida Santos.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
 PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS  
 Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABÁ/MT  
 Tel : (65) 3615-8764 - Email : nearh@ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "Eficiência da gramínea Paspalum notatum Flugge (Poaceae) para proteção e conservação de taludes em aterro sanitário industrial."**

AUTOR : Mestrando Matthews Lobo Galvão

Dissertação defendida e aprovada em 03/08/2016.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador    Doutor(a)    *Aldecy de Almeida Santos*  
 Instituição :    UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Interno    Doutor(a)    *Margarida Marchetto*  
 Instituição :    UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo    Doutor(a)    *Eleonora A. Andrade*  
 Instituição :    Universidade Federal da Amazonia

CUIABÁ, 01/08/2016.

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

G182e Galvão, Matthews Lobo.  
EFICIÊNCIA DA GRAMÍNEA *Paspalum notatum* Flüggé  
(Poaceae) PARA PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DE TALUDES  
EM ATERRO SANITÁRIO INDUSTRIAL / Matthews Lobo  
Galvão. -- 2016  
61 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Aldecy de Almeida Santos.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,  
Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Hídricos, Cuiabá, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Camada de cobertura. 2. Revegetação. 3. Análise do solo. 4.  
Perda de solo. I. Título.

## AGRADECIMENTOS

Longa foi a jornada, e maiores ainda são os frutos que colhemos com as experiências que vivenciamos. Posso dizer que esta foi a batalha mais árdua e cansativa que já tive até então, e grande foi o aprendizado. Mas felizmente não tive de trilhar sozinho esse caminho, por isso então, agradeço:

À Deus e ao meu mestre Jesus, por ser não apenas uma base, que me sustentou até a conclusão deste trabalho, mas também um consolo e refúgio em épocas de escuridão e desilusão que marcaram esses últimos dois anos.

À minha família: minha amada mãe Tania Lobo e minhas duas irmãs mais novas, Thays Letícia e Larissa Caroline. Uma mistura de agradecimento pelos momentos de felicidade e carinho e minhas desculpas pelas ausências, que prometo recompensar logo. Isso tudo não faria sentido sem vocês. E não haveria começo nem final sem as palavras, os abraços e as broncas que precisamos para seguir em frente.

Ao meu amor, meu parceiro, meu companheiro para todas as horas, Joscimar Silva, que me conheceu justamente nessa fase de mudanças e que soube compreender, apoiar e incentivar as minhas ideias até quando eu mesmo já não acreditava. Nunca vou poder te dizer o quanto sou grato por tudo que fez por mim e espero poder estar sempre ao seu lado para agradecer e retribuir todo empenho que você ofereceu para que tudo desse certo.

Meus amores, Kalitta Duarte e Barbara Kézia, que sempre me proporcionam momentos de risadas e distrações quando preciso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aldecy de Almeida Santos, muito obrigado por me aceitar como orientado, em um momento de dificuldade e desespero, me ajudar a iniciar essa pesquisa que fugiu totalmente da minha zona de conforto, me orientar (de verdade), e ser um exemplo de professor e profissional. A academia precisa de mais pessoas como você: envolvidas, dedicadas, compreensivas e dispostas a fazer o que for preciso pela pesquisa e pelas pessoas que fazem parte dela.

Às professoras: Dra. Margarida Marchetto e Dra. Eleonora Almeida de Andrade, pelas valiosas contribuições ao trabalho, tanto na escrita quanto na questão técnico-científica.

À toda administração do Centro de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (CGR) de Cuiabá, pela confiança e abertura para o desenvolvimento desta pesquisa. Cada vez mais se nota a aproximação da iniciativa privada com a academia e a interdependência entre ambas. Isso demonstra responsabilidade, e profissionalismo com as questões que compõem uma empresa séria e de qualidade. Agradeço toda a ajuda e contribuição oferecida ao longo do trabalho.

Aos técnicos do Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Civil, e a todos os que me auxiliaram, principalmente nas análises físicas e químicas.

À todos os meus colegas da turma 2014 do PPGRH, muito obrigado pelos momentos. Camila Vacari, Caroline Antunes, Christie Cardoso, Deise Macanham, Erika Minetto, Joselir Júnior, Karine Paz, Luciana Carmona, Luiz Henrique Noqueli, Regiane Costa, Rejane Lemes e Valdeci de Oliveira. Das turmas anteriores: Andrea Ferreira, Maria Aparecida Silva, Ana Cecília Pinillos, Neiva, Bruno Brum e Aparecida de Magalhães. Vocês puderam vivenciar toda essa experiência comigo e podem dizer o quanto ela vale a pena. Nesses dois anos (e meio) passamos por várias situações tensas, momentos de choro e desespero que fariam qualquer um fora da nossa realidade se espantar. Mas são esses momentos que vão dizer quem somos e o que vamos levar para a caminhada que cada um irá trilhar depois daqui. Sempre se lembrando dos amigos e dos bons momentos que passamos juntos. Isso nenhum título vai pagar. Obrigado pelos conselhos, pelas ajudas nas disciplinas, pela companhia e espero ter proporcionado momentos bons nas lembranças de vocês. Todo sucesso e reconhecimento do mundo a quem passou por esse programa, e vocês sabem o que eu quero dizer.

À todas as minhas amigas da época da graduação em biologia: Flávia Rodrigues, Greyce Sampaio, Jacqueline Fanti, Erika de Faria, Larissa Veloso, Regiely Miranda e Marina Salomé. É interessante olhar para trás e enxergar o nosso crescimento como profissionais e como pessoas. Muita coisa mudou, mas ainda estamos juntos para dividir tudo uns com os outros. Que nossa amizade permaneça firme, não importa onde e nem como estivermos. Amo vocês demais.

Á todos que contribuíram para conclusão deste trabalho.

## RESUMO

GALVÃO, M. L. **Eficiência da gramínea *Paspalum notatum* Flugge (Poaceae) para proteção e conservação de taludes em aterro sanitário industrial.** 2016. 61f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

O Aterro de Disposição de Resíduos Sólidos Industriais (ADRSI) é concebido através de projetos que visam o tratamento e destinação dos resíduos industriais. Dentre os problemas enfrentados pelos gestores destes locais estão a conservação dos taludes formados através da disposição dos resíduos e do material inerte, os quais estão sujeitos às condições climáticas, físicas, e ambientais, além do controle da emissão de gases como CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> nesses locais. Atualmente, estratégias de revegetação têm sido amplamente utilizadas como solução desses problemas, pois possibilitam a conservação da área degradada, a melhoria na estética e conforto térmico. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento da espécie *Paspalum notatum* Flugge, da família Poaceae, como agente de proteção e conservação das camadas de taludes de um Aterro de Resíduos Sólidos Industriais, visando a adequação destes às exigências técnicas e legais. A pesquisa desenvolveu-se *in situ*, através de células de 26m<sup>2</sup> (13x2m), delimitados em áreas com presença e ausência das gramíneas. Foram realizadas coletas de solo da camada de cobertura dos taludes, as quais foram submetidas a análises físicas e químicas com fins de caracterização. Quanto às coletas das espécies vegetais, foram determinados parâmetros como número de folhas, tamanho de raiz e parte aérea, bem como a massa seca com fins de avaliação de crescimento e eficiência na retenção de partículas de solo. Também houveram coletas do sedimento carregado através da precipitação, que auxiliaram na determinação do volume total escoado em cada parcela, da concentração de sedimentos, através de análises granulométricas, e da contribuição da vegetação para evitar a perda do solo. As análises do solo demonstraram a sua homogeneidade, sendo ele caracterizado como arenoso-argiloso em ambas as células, mas com permeabilidade 1,0x10<sup>-6</sup> cm/s na área com gramínea e 1,1x10<sup>-6</sup> cm/s na célula com gramínea. As análises químicas revelaram um aumento na fertilidade do solo revegetado, com aumento de macro e micronutrientes e nos valores de trocas catiônicas, saturação de bases e saturação por alumínio. A temperatura sofreu um decréscimo de até 3°C com a implantação da espécie e, da mesma forma, a umidade do solo na presença da grama está sempre superior (8,56%) do que na área sem grama (4%). Na caracterização da vegetação, verificou-se que a parte aérea e as raízes da espécie *P. notatum* cresceram ao longo das amostragens, bem com sua massa seca, que aumentou em até 83% ao longo das coletas. Em relação à perda de solo pode-se inferir que a espécie foi eficaz na retenção de solo carregado pela precipitação, retendo uma média de 82% do sedimento nas áreas plantadas. Houve também a mudança da composição granulométrica do sedimento, que na área sem grama compõe-se de partículas mais finas como silte e argila, e na área com grama constitui-se de areia média e fina.

**Palavras-Chave:** camada de cobertura; revegetação; análise do solo; perda de solo.

## ABSTRACT

The Landfill Industrial Solid Waste Disposal, designed through projects aimed at the treatment and disposal of industrial waste. Among the problems faced by managers of these sites are the conservation of slopes formed by the disposal of waste and inert material, which are subject to weather conditions, physical and environmental, in addition to controlling the emission of gases such as CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in these locations. Currently, revegetation strategies have been widely used as a solution of these problems, as they allow the conservation of degraded areas, improved aesthetics and thermal comfort. Thus, this study aimed to evaluate the behavior of *Paspalum notatum* Flugge, the Poaceae family, as a protective agent and conservation of layers of embankments of Industrial Solid Waste Landfill, aimed at adapting these to technical and legal requirements. Research developed in situ by the cell 26m<sup>2</sup> (13x2m) delimited in areas with and without the grass. Soil samples were collected from the slopes covering layer, which were subjected to physical and chemical analysis with characterization purposes. The collections of plant species were determined parameters such as number of leaves, root size and shoot, and the dry mass with growth assessment purposes and efficiency in retaining soil particles. There were also collected sediment carried through the rain, which helped determine the total volume drained in each plot, the concentration of pellets by grain size analysis, and the vegetation contribution to prevent soil loss. Soil analyzes demonstrated homogeneity ground, which was characterized as sandy clay in both cells, but with permeability 1,0x10<sup>-6</sup> cm/s in the area with grass and 1,1x10<sup>-6</sup> cm/s in the cell with grass. Chemical analysis revealed an increase in fertility of revegetated soil, an increase of macro and micronutrients and values of cationic exchange, base saturation and aluminum saturation. The temperature decreased by up to 3 ° C with the implementation of species and, similarly, the soil moisture in the presence of grass is always higher (8.56%) than in the area without grass (4%). The characterization of vegetation, it has been found that the aerial part and the roots of *P. notatum* species grown over the sample well with dry mass, which increased to 83% during the experimental period. Regarding the soil loss, it can be inferred that the species was effective in soil retention carried by rain, while retaining an average of 82% of the sludge on cultivated areas. There was also a change of particle size composition of the sediment, which in the area without grass consists of fine particles such as silt and clay, and the area with grass consists of medium and fine sand.

**Keywords:** cover layer; revegetation; soil analysis; soil loss.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b>	Metais utilizados na industrias, suas origens e ações ao organismo.....	19
<b>Figura 02</b>	Ordenação dos componentes da camada de cobertura de um Aterro Sanitário.....	22
<b>Figura 03</b>	Exemplos de Aterro Sanitário com taludes. a) Cianorte – PR; b) Barueri – SP; c) Paulínia – SP; d) Camaçari – Ba.....	23
<b>Figura 04</b>	Espécies de plantas utilizadas em pesquisas de recomposição vegetal de taludes.....	24
<b>Figura 05</b>	<i>Paspalum notatum</i> (grama-batatais) e suas diversas aplicações: em gramados e campos (a); em plantações e pastos (b); consorciadas com outras espécies (c) e em seu estágio reprodutivo (d).....	26
<b>Figura 06</b>	Fluxograma de atividades realizadas durante os experimentos.....	28
<b>Figura 07</b>	Localização do Aterro Sanitário Industrial de Cuiabá. - Escala 1:100.000.....	29
<b>Figura 08</b>	Representação esquemática das parcelas delimitadas no aterro sanitário industrial.....	30
<b>Figura 09</b>	Parcelas no talude Sem Vegetação (a) e Com Vegetação composta por <i>P. notatum</i> (b).....	31
<b>Figura 10</b>	Periodização e frequência das coletas realizadas.....	31
<b>Figura 11</b>	Amostras de solo utilizado na camada de cobertura do talude (a); Parcelas no talude sem vegetação (b); e solo com vegetação ( <i>P. notatum</i> ) do ASIC (c).....	32
<b>Figura 12</b>	Ensaio e Normas correspondentes ao solo da camada de cobertura do ASIC.....	32
<b>Figura 13</b>	Equipamentos utilizados na coleta. a) Sensor de umidade; e b) avaliação da temperatura e umidade do solo da parcela no talude Com Vegetação (gramíneas) do ASIC.....	33
<b>Figura 14</b>	Representação dos transectos feitos nas células de estudo.....	34
<b>Figura 15</b>	Determinação da massa seca: a) lavagem dos indivíduos com água destilada; b) estufa na qual eram acondicionadas as amostras; c) indivíduos armazenados em sacos de papel para secagem em estufa; d) pesagem dos indivíduos após 72h.....	35
<b>Figura 16</b>	Medição das raízes das plantas coletadas no talude do Aterro.....	36
<b>Figura 17</b>	Determinação da concentração de sedimentos.....	37
<b>Figura 18</b>	Temperatura, superficial e a 5 cm, do solo das células em cada coleta.....	43
<b>Figura 19</b>	Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e (c) e a 5cm (b) e (d) nas coletas 01 e 02.....	44
<b>Figura 20</b>	Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e (c) e a 5cm (b) e (d) nas coletas 03 e 04.....	44
<b>Figura 21</b>	Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e (c) e a 5cm (b) e (d) nas coletas 05 e 06.....	45
<b>Figura 22</b>	Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e (c) e a 5cm (b) e (d) na coleta 07.....	45
<b>Figura 23</b>	Umidade do solo nas células em cada coleta.....	46
<b>Figura 24</b>	Medias obtidas em cada coleta do comprimento das raízes da espécie <i>P. notatum</i> .....	48
<b>Figura 25</b>	Médias obtidas em cada coleta da massa seca da espécie <i>P. notatum</i> .....	49
<b>Figura 26</b>	Médias obtidas para o tamanho das folhas da espécie <i>P. notatum</i> em cada coleta.....	49
<b>Figura 27</b>	Amostras de sedimento carregado, coletados nas células com vegetação (esquerda) e sem vegetação (direita).....	51
<b>Figura 28</b>	Porcentual de contribuição da vegetação para a redução do arraste de sedimento.....	54

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 01</b>	–	Composição gravimétrica das amostras de solo bruto, sem gramíneas e com gramíneas dos taludes do Aterro Sanitário Industrial.....	38
<b>Tabela 02</b>	–	Resultados Analíticos de Amostras de Solo CV e SV do Aterro Sanitário.....	40
<b>Tabela 03</b>	–	Caracterização química geral do substrato do talude do Aterro.....	42
<b>Tabela 04</b>	–	Composição de pH “in situ” no período de seca.....	47
<b>Tabela 05</b>	–	Composição de pH “in situ” no período de chuva.....	47
<b>Tabela 06</b>	–	Precipitação, vazão e coeficiente de permeabilidade da área SV e CV do Aterro Sanitário.....	50
<b>Tabela 07</b>	–	Sólidos sedimentáveis obtidos em cada período de chuva coletada nas áreas SV e CV do Aterro Sanitário.....	52
<b>Tabela 08</b>	–	Classificação granulométrica do sedimento coletado nas células SV e CV do Aterro Sanitário.....	53

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ADRSU	Aterro de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental Do Estado de São Paulo
CV	Com Vegetação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPDU	Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
NBR	Norma Brasileira Registrada
PVC	Polivinil Clorídrico
SV	Sem Vegetação

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$\text{Al}^{3+}$	Alumínio
C	Carbono
$\text{Ca}^{2+}$	Cálcio
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
g	Gramas
H	Hidrogênio
IP	Índice de Plasticidade
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
K	Potássio
l	Litros
m	Índice de Saturação por Alumínio
Mg	Magnésio
MO	Matéria Orgânica mm
Milímetros	P Fósforo
pH	Potencial de Hidrogênio
Q	Vazão
SB	Somas de Bases t      Capacidade Efetiva de Troca de Cátions
V	Saturação por Bases

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Classificação de resíduos sólidos</b>	<b>17</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Resíduos sólidos industriais</i>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Aterro sanitário</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Bioengenharia de solos</b>	<b>23</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Técnicas de revegetação de taludes de aterro sanitário industrial</i>	<b>23</b>
<b>3.3.2</b>	<i>Paspalum notatum na contenção da erosão em taludes</i>	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>Plataforma arduíno</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Área de estudo</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Demarcação das parcelas experimentais e periodicidade das amostragens</b>	<b>30</b>
<b>4.3</b>	<b>Caracterização da camada de cobertura do talude</b>	<b>31</b>
<b>4.3.1</b>	<i>Caracterização Física</i>	<b>32</b>
<b>4.3.1.1</b>	<i>Determinação da temperatura e umidade no solo por software Arduíno</i>	<b>33</b>
<b>4.3.2</b>	<i>Caracterização Química</i>	<b>33</b>
<b>4.4</b>	<b>Coleta de gramíneas nas parcelas</b>	<b>33</b>
<b>4.4.1</b>	<i>Determinação da massa seca</i>	<b>34</b>
<b>4.4.2</b>	<i>Tamanho da parte aérea e raiz</i>	<b>35</b>
<b>4.5</b>	<b>Avaliação da perda de solo</b>	<b>36</b>
<b>4.5.1</b>	<i>Volume total escoado</i>	<b>36</b>
<b>4.5.2</b>	<i>Concentração de sedimentos</i>	<b>36</b>
<b>4.5.3</b>	<i>Contribuição da vegetação para evitar perda de solo</i>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Caracterização do solo da camada de cobertura do talude</b>	<b>38</b>
<b>5.1.1</b>	<i>Composição gravimétrica do solo de cobertura</i>	<b>38</b>
<b>5.1.2</b>	<i>Análise química do solo do aterro industrial</i>	<b>39</b>
<b>5.1.3</b>	<i>Temperatura e Umidade do solo de cobertura</i>	<b>42</b>
<b>5.1.3.1</b>	<i>Temperatura</i>	<b>42</b>
<b>5.1.3.2</b>	<i>Umidade</i>	<b>46</b>
<b>5.1.4</b>	<i>Análise do pH do solo de cobertura</i>	<b>46</b>
<b>5.2</b>	<b>Análise da espécie <i>Paspalum notatum</i> em talude de aterro</b>	<b>47</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise da perda de solo nas células</b>	<b>50</b>
<b>5.3.1</b>	<i>Precipitação, vazão e coeficiente de permeabilidade da área SV e CV</i>	<b>50</b>
<b>5.3.2</b>	<i>Precipitação e Sólidos sedimentáveis</i>	<b>51</b>
<b>5.3.3</b>	<i>Granulometria do sedimento carregado através da chuva</i>	<b>52</b>
<b>5.3.4</b>	<i>Contribuição da vegetação para evitar perda de solo</i>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento populacional, iniciado a partir do século 21, tem havido uma preocupação no que se refere à disposição final dos resíduos orgânicos e industriais produzidos, os quais geram gases tóxicos, poluição das águas subterrâneas e degradações ambientais em vários níveis (DE MASI, 2000).

O Aterro de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (ADRSU) é concebido através de projetos que visam o tratamento e destinação desses resíduos, com técnicas que envolvem várias áreas da engenharia e meio ambiente, tornando-se uma alternativa bem aceita e difundida em todo o mundo. Atualmente o Brasil conta com 1569 municípios, o que representa 28% das cidades do país, que ainda descartam seus resíduos em lixões, segundo relatório realizado em 2014 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE).

No mesmo relatório consta que 41,07% do lixo dos brasileiros é depositado nos lixões, sem controle adequado e com altos índices de poluição. Em Mato Grosso, cerca de 40% dos municípios nunca iniciaram uma regularização de locais apropriados à destinação de resíduos sólidos urbanos e industriais, sendo que alguns deles estão localizados na região metropolitana de Cuiabá.

A capital do Estado possui um Aterro para disposição de resíduos sólidos Industriais, que, atualmente recebe resíduos sólidos de Classe I de forma temporária e de Classes I e II permanentemente. Segundo o site da empresa que administra o Aterro, são recebidos 120 toneladas de resíduo por dia, os quais são distribuídos em células específicas para cada tipo de resíduo. A abrangência de atendimento deste Aterro é de cerca de 1.400.000 habitantes da baixada cuiabana, e 85 estabelecimentos que utilizam o local para depósito e descarte de resíduos. Atualmente está sendo realizada uma ampliação a área do Aterro, que já conta com um galpão coberto de 300m<sup>2</sup> para armazenamento de resíduos Classe I, área de 7.000m<sup>2</sup> impermeabilizada para resíduo de Classe II A e área de 6.000m<sup>2</sup> que recebe resíduos de Classe II B.

Juntamente com a ampliação dos aterros, muita atenção tem sido voltada para novas tecnologias que auxiliem na consolidação desses ambientes e na solução de problemas nas fases de execução e conclusão das células nas quais os resíduos são depositados, como a infiltração do lixiviado no solo, sistemas de coleta e tratamento de gases, impermeabilização do solo e contenção de erosões (KOERNER e DANIEL, 1997).

A manutenção das camadas de cobertura dos taludes das células de conclusão está inserida entre as exigências técnicas requisitadas a um aterro sanitário adequado. Dentre as

problemáticas oriundas do não atendimento dessas recomendações estão a erosão, a infiltração de águas pluviais, que geram mais lixiviado, e o risco de explosões devido aos bolsões de gás existentes nessas camadas.

Dentre as técnicas existentes, que integram conhecimentos das grandes áreas das Ciências Biológicas e Engenharias, a bioengenharia de solos se mostra como uma tendência nos projetos de pesquisas de estabilização de taludes, na conservação da vegetação, na quantificação do fluxo de gases oriundos da biodegradação dos resíduos, e na contenção da erosão desses solos (SOUZA, 2007).

As técnicas utilizadas nesse campo de pesquisa integram a utilização da vegetação como agente facilitador da manutenção desses ambientes, contribuindo para o fortalecimento do solo e substrato, impedindo a movimentação das massas, facilitando a drenagem, e minimizando os impactos ambientais ocasionados em aterros sanitários.

A técnica de utilização de plantas em taludes tem sido amplamente relatada em trabalhos que focam seus estudos em novas tecnologias de baixo custo e maior sustentabilidade para contenção de erosões, seja pelo uso de espécies nativas, através de estudo fitossociológico e de padrões ambientais, ou pela implantação de diversas espécies de plantas, consorciadas ou não, com auxílio de adubação química, orgânica e com a utilização de biomanta têxtil (MAGALHÃES, 2005).

Tais estudos só foram possíveis com o detalhamento das características físico-químicas do substrato de interesse, com recolhimento de solo desgastado através da incidência de chuva, além da medição de parâmetros de crescimento e adaptação das plantas inseridas (MAGALHÃES, 2005).

Nesse contexto, essas pesquisas auxiliarão nas medidas incentivadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, contribuindo com um gerenciamento adequado dos resíduos, trazendo benefícios diretos aos recursos hídricos, ao solo e ao meio ambiente como um todo.

## 2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência da gramínea *Paspalum notatum* Flüggé na proteção e conservação das camadas de cobertura de um talude do Aterro de Resíduos Sólidos Industriais de Cuiabá, Mato Grosso.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Comparar os parâmetros físicos e físico-químicos do solo que compõe a camada de cobertura do talude em área sem vegetação (SV) e com vegetação (CV);
- Avaliar a sobrevivência da espécie vegetal em relação ao seu crescimento e adaptação no talude;
- Determinar a produção de massa seca dos indivíduos coletados;
- Analisar a eficiência proporcionada por *P. notatum* na retenção de partículas do solo;
- Determinar o volume total escoado nas parcelas e a contribuição da vegetação para evitar a perda de solo nos taludes.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Classificação de Resíduos Sólidos

Desde o início das civilizações até os meados do século XVIII, quando surgiram as primeiras indústrias na Europa, os resíduos sólidos, até então denominados como “lixo”, do latim “*lix*”, “cinza” eram formados apenas por restos de alimentos e em pequena quantidade. A partir da Revolução Industrial houve um considerável aumento na produção de resíduos e também em novos tipos do mesmo, as fábricas passaram a produzir uma quantidade grande e diversa de produtos descartáveis, os quais a sociedade se desfazia com muita rapidez. O aumento na produção aliada à não preocupação com o descarte acarretou um acúmulo de lixo no planeta, causando poluição do solo, das águas e piorando as condições de vida da população, principalmente em regiões menos favorecidas (DE MASI, 2000; FERREIRA e FERREIRA, 2008).

Em consideração à crescente preocupação da sociedade com as questões ambientais e sustentabilidade, a Associação Brasileira de Normas Técnicas desenvolveu, a partir de uma normativa já existente desde 1987, definir, classificar e caracterizar os resíduos sólidos, para que um gerenciamento mais adequado fosse possível. A NBR 10.004, de 2004, tem por definição de resíduos sólidos:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

A partir desse conceito, o processo de classificação dos resíduos se baseou na identificação de seus constituintes e características, bem como em suas técnicas de produção e origem. A classificação se dá em apenas duas classes (Classe I e Classe II), sendo que a segunda se subdivide em mais duas (Classe II A e Classe II B). À Classe I pertencem os resíduos perigosos e à Classe II aos não-perigosos, do qual a Classe II A incluem os não-inertes, e os da Classe II B abrangem os resíduos inertes.

A periculosidade, a qual serviu de característica limitante entre as duas classes se define como a presença de elementos químicos perigosos ou infectocontagiosos ao meio ambiente ou que não sofrem degradação. Podem ser inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos. Os resíduos Classe II A (não-inertes) são aqueles que não constam na Classe I,

pois possuem propriedades como biodegradabilidade, solubilidade em água ou combustibilidade, mas que não causam impacto à natureza. Há também os resíduos de Classe II B, chamados de inertes, que não se decompõem e nem causam nenhuma degradação ao ambiente.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída através da Lei nº 12.305/10, classifica-os quanto a sua origem e também através de sua periculosidade. Dentre os que estão classificados por origem estão: os resíduos urbanos (domiciliares, de limpeza urbana), comerciais, de serviço de saúde, construção civil, agropecuária, serviços de transporte, mineração e industriais.

### ***3.1.1 Resíduos sólidos industriais***

Resíduos sólidos industriais são os resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Incluem-se nessa categoria: os lodos provenientes das instalações de tratamento de águas residuárias, aqueles gerados em equipamentos de controle da poluição, assim como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam soluções economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia para tal (ABNT, 2004).

Os resíduos perigosos produzidos pelas indústrias merecem uma atenção maior quanto ao seu gerenciamento, transporte, tratamento e disposição, pois grande é o impacto causado pela ausência de atenção a essas questões (CETESB, 1988). Como componentes dos resíduos sólidos industriais estão: produtos químicos (pesticidas e solventes), metais (alumínio, cromo e mercúrio) e solventes químicos (MORAIS et al., 2014). Vários são os tipos de metais utilizados na indústria, compondo vários produtos. Na Figura 01 ilustra alguns desses metais, sua utilização e seus danos à saúde.

**Figura 01** - Metais utilizados na indústria, suas origens e ações ao organismo.

Metais	Utilização	Efeitos
Alumínio	Produção de artefatos de alumínio; soldagem de medicamentos (antiácidos) e tratamento convencional de água.	Anemia por deficiência de ferro, intoxicação crônica.
Arsênio	Metalurgia; manufatura de vidros e fundição.	Câncer (seios paranasais).
Cadmio	Soldas; tabaco; baterias e pilhas.	Câncer de pulmões e próstata; lesão nos rins.
Chumbo	Fabricação e reciclagem de baterias de autos; indústria de tintas; pintura em cerâmica; soldagem.	Saturnismo (cólicas abdominais, tremores, fraqueza muscular, lesão renal e cerebral).
Cobalto	Preparo de ferramentas de corte e furadoras.	Fibrose pulmonar (endurecimento do pulmão) que pode levar a morte.
Cromo	Indústrias de corante, esmalte, tintas, ligas com aço e níquel; cromagem de metais.	Asma (bronquite); câncer.
Fósforo Amarelo	Veneno para barata; rodenticidas (tipo de inseticida usado na lavoura) e fogos de artifício.	Náuseas; gastrite; odor de alho; fezes e vômitos fosforescentes; dor muscular; torpos; choque; coma e até morte.
Mercúrio	Moldes industriais; certas indústrias de cloro-soda; garimpo de ouro; lâmpadas fluorescentes.	Intoxicação do sistema nervoso central.
Níquel	Baterias; aramados; fundição e niquelagem de metais; refinarias.	Câncer de pulmão e seios paranasais.
Fumos Metálicos	Vapores (de cobre, cádmio, ferro, manganês, níquel e zinco) da soldagem industrial ou da galvanização de metais.	Febre dos fumos metálicos (febre, tosse, cansaço e dores musculares) – parecido com pneumonia.

Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br/>

Para tratar a questão dos resíduos industriais, o Brasil possui legislação e normas específicas. Pode-se citar a Constituição Brasileira em seu Artigo 225, que dispõe sobre a proteção ao meio ambiente; a Lei 6.938/81, que estabelece a Política Nacional de Meio

Ambiente; a Lei 6.803/80, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas críticas de poluição; as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 257/263 e 258, que dispõem respectivamente sobre pilhas, baterias e pneumáticos, a questão é amplamente tratada nos Capítulos 19, 20 e 21 da Agenda 21 (Rio-92) e mais atualmente, através da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) e da NBR 10.004/2004, referente a Classificação dos Resíduos Sólidos.

### **3.2 Aterros Sanitários**

Segundo a NBR 8.419/1992 da ABNT, o aterro sanitário é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, que não causa danos à saúde pública e ao meio ambiente, utilizando, para tanto, medidas de minimização dos impactos ambientais. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de solo na conclusão de cada trabalho, ou intervalos menores, se necessário.

Os aterros sanitários apresentam uma configuração geral: setor de preparação, setor de execução e setor concluído.

O setor de preparação é a fase inicial, onde o solo ainda está sendo impermeabilizado para receber os resíduos. No setor de execução ocorre o empilhamento de resíduos, que foram anteriormente separados conforme suas características e pesados para o acompanhamento de capacidade do aterro. Atingida essa capacidade, o setor é encerrado, os percolados são recolhidos, há a queima dos gases provenientes da decomposição e são realizadas obras de drenagem de águas pluviais. Ainda segundo a NBR 8419/1992 da ABNT, o tempo de vida útil do aterro é de 10 anos, e seu monitoramento deve prorrogar-se por mais 10. O setor concluído é o que recebe a camada final de vegetação, após os trabalhos de estabilização bioquímica e geotécnica da área utilizada (BERNARDES-JÚNIOR et al., 1999).

Segundo Castro Neto apud Pimentel-Júnior (1998), características geológicas, hidrogeológicas e do coeficiente de permeabilidade dos Aterros Sanitários classifica-os em:

- Aterro Sanitário Classe I: designados a receber resíduos urbanos especialmente. Não conferem grande risco as águas subterrâneas e, devido a suas características de permeabilidade e de operação são aptos a receber resíduos industriais não-perigosos.
- Aterro Sanitário Classe II: recebem resíduos urbanos, resíduos industriais nãooperigosos e podem, a critério dos órgãos públicos ambientais, receber alguns tipos de resíduos perigosos.

- Aterro Industrial Classe I: projetados para receber exclusivamente resíduos industriais perigosos.
- Aterro Industrial Classe II: projetados para receber exclusivamente resíduos industriais não-perigosos.

Aterros Sanitários Industriais têm sido a solução mais eficiente na disposição final de resíduos orgânicos e industriais, conferindo proteção ambiental e à saúde pública pelo confinamento dos resíduos sólidos e do tratamento de gases e lixiviado provenientes da biodegradação desses resíduos (IPT/CEMPRE, 2000; QUEIROZ et al., 2011).

As soluções de destinação final destes resíduos vão depender do ramo da atividade industrial, do porte da empresa, da área que ela ocupa para operar suas unidades de processo e do grau de comprometimento das gerências com relações a questões ambientais entre outras.

O Sistema de cobertura final do Aterro Sanitário faz parte do plano de encerramento das atividades do mesmo e deve ser planejado com a finalidade de garantir a estabilidade física, química e biológica da área, mesmo quando o local esteja destinado a outras atividades (KOERNER e DANIEL, 1997; IPT, 2000).

Desta forma, no ato do planejamento da construção de um Aterro Sanitário, deve haver a preocupação com a estabilização do material depositado, de modo que este não influencie o ambiente externo. Então, para que um setor seja encerrado ou mesmo o Aterro seja desativado, deve haver o equilíbrio dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, com posterior destino dessa área a um uso compatível (IPT, 2000).

Dentre essas áreas podem estar incluídos locais de recreação como parques, alamedas, bosques ou campos esportivos. Deve-se evitar a construção de moradias e grandes edificações devido a constante manutenção e reparos de ações erosivas no local (IPT, 2000).

Assim sendo, a camada de cobertura deve possuir a capacidade de absorver recalques acentuados, trincas, rupturas e rastejos; capacidade de suporte de cargas advindas do tráfego de máquinas e veículos durante a execução do encerramento do aterro; resistência a ataques químicos causados por gases, plantas e resíduos; evitar a propagação de vetores de doenças, a catação por moradores, infiltração de líquidos e escape de gases para a natureza (KOERNER e DANIEL, 1997).

O sistema de cobertura final convencional de um Aterro Sanitário integra: (1) camada superficial; (2) camada de proteção; (3) camada de drenagem, (4) camada de barreira de gás/hidráulica, (5) camada coletora de gás e (6) camada de fundação (Figura 02). A configuração típica inclui essas seis camadas acima dos resíduos, no entanto, alguns projetos empregam só algumas destas camadas (IPT, 2000).

**Figura 02** – Ordenação dos componentes da camada de cobertura de um Aterro Sanitário.

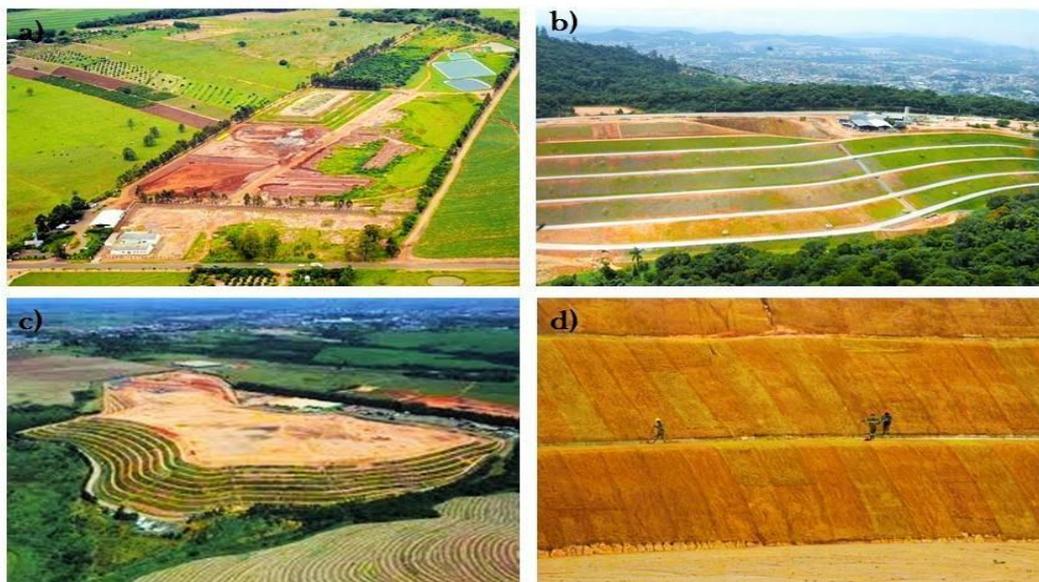


Fonte: Koerner e Daniel, (1997); IPT, (2000).

Quando ocorre a mistura dos materiais da cobertura final com resíduos contaminados podem originar compostos xenobióticos, que são substâncias químicas sintéticas que não existem de forma natural no ambiente. Esses compostos podem exercer a suspensão de partículas na superfície, gerando processos erosivos e contribuindo para vazamento de lixiviados tóxicos como chumbo e gases (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

O setor concluído do Aterro Sanitário dá origem ao talude que, segundo Machado Júnior (2003) é definido como uma superfície inclinada que limita um maciço de terra, de rocha ou de terra e rocha. Podem ser naturais, originados por ações climáticas, geológicas, dentre outras, mesmo que tenham sofrido ação antrópica como desmatamentos ou cortes. Os taludes de Aterros Sanitários são denominados artificiais, que são resultantes de cortes ou escavações promovidos pelo homem, e constituídos de materiais como argila, areia, silte, cascalho e rejeitos de mineração (Figura 03).

**Figura 03** - Exemplos de Aterro Sanitário com taludes. a) Cianorte – PR; b) Barueri – SP; c) Paulínia – SP; d) Camaçari – Ba.



Os taludes de uma forma geral são superfícies frágeis, devido a problemas de ordem estrutural ou mesmo da exposição do solo, influenciam a estabilização de massas e podem dar início a processos erosivos. A partir destas questões, meios de recuperação dessas áreas têm sido alvo de estudos, nos quais a revegetação estão incluídos.

### 3.3 Bioengenharia de solos

#### 3.3.1 Técnicas de revegetação de taludes de aterro sanitário

A técnica de utilização de plantas em taludes têm sido amplamente relatada em trabalhos que focam seus estudos em novas tecnologias de contenção de erosões, de baixo custo e maior sustentabilidade, seja pelo uso de espécies nativas, através de estudo fitossociológico e de padrões ambientais, ou pela implantação de variadas espécies de plantas, consorciadas ou não, com auxílio de adubação química, orgânica e com a utilização de biomanta têxtil (CUSATTIS, 2001; MAGALHÃES, 2005). Esses estudos só foram possíveis com o detalhamento das características físico-químicas do substrato de interesse, com recolhimento de solo desgastado através da incidência de chuva, dentre outras medições.

Manhago (2008) testou várias técnicas de revegetação de taludes de aterro sanitário com gramíneas e leguminosas, que podem ser realizadas através de sacos de aniagem, o que confere maior resistência as sementes e ao substrato, mas também por técnicas de semeadura, plantio

direto ou em covas. Durante o desenvolvimento das pesquisas ela reitera as dificuldades encontradas nos experimentos e conclui que os sacos de aniagem promovem um maior desenvolvimento da semente, sem contar na recuperação paisagística, que é maximizada nessa técnica. Holanda et al., (2008) implantaram espécies comuns à mata ciliar do Rio São Francisco e utilizou canos de PVC para auxílio da contenção do solapamento e assoreamento do rio, e observaram melhora no controle da erosão dos taludes, concluindo que a utilização de plantas como estratégia de engenharia de solos se mostra muito eficaz.

Couto et al. (2010), em boletim técnico, define fatores a serem considerados em projetos de revegetação de taludes, entre eles estão estudos do solo, climáticos, edáficos, pH, salinidade, efeitos da vegetação, além de indicar técnicas de bioengenharia de solos que podem auxiliar em estudos de recuperação ambiental.

Dentre as espécies utilizadas em estudos de revegetação de taludes, espécies das famílias Graminae e Leguminosae, são as mais difundidas na literatura. Souza (2007) lista em seu estudo as principais espécies utilizadas em pesquisas de atividades de recomposição vegetal de taludes (Figura 04).

**Figura 04** - Espécies de plantas utilizadas em pesquisas de recomposição vegetal de taludes.

<b>Espécies de Gramíneas</b>		<b>Espécies de Leguminosas</b>	
<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Vulgar</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Vulgar</b>
<i>Andropogon gayanus</i>	andropogon	<i>Cajanus cajan</i>	feijão-guandu
<i>Brachiaria brizantha</i>	brizantha	<i>Calopogononio mucunoides</i>	calopogônio
<i>Panicum maximum</i>	colonião	<i>Stylobium aterrimum</i>	mucuna-preta
<i>Brachiaria decumbens</i>	decumbens	<i>Dolichos lablab</i>	lab-lab
<i>Lolium multiflorum</i>	azevém	<i>Arachis prostrata</i>	amendoim
<i>Melinis minutiflora</i>	capim-gordura	<i>Canavalia ensiformis</i>	feijão-de-porco
<i>Hyparrhenia rufa</i>	capim-jaraguá	<i>Desmodium barbatum</i>	barbadinho
<i>Aristida pallens</i>	capim-barba-de-bode	<i>Desmodium canum</i>	carrapicho
<i>Eragrostis curvula</i>	capim-chorão	<i>Glycine wightii</i>	soja-perene
<i>Cymbopogon citratus</i>	capim-cidreira		
<i>Rhynchelytrum roseum</i>	capim-favorito		
<i>Pennisetum clandestinum</i>	capim-kikuio		
<i>Rhynchelytrum repens</i>	capim-de-rhodes		
<i>Paspalum falcatum</i>	grama-macaé		
<i>Paspalum notatum</i>	grama-batatais		
<i>Cynodon dactylon</i>	grama-seda		
<i>Paspalum conjugatum</i>	grama-forquilha		
<i>Bambus bambusa</i>	Bambu		
<i>Taquaras chusquea</i>	taquara		

Fonte: Souza, (2007).

### 3.3.2 *Paspalum notatum* na contenção da erosão em taludes

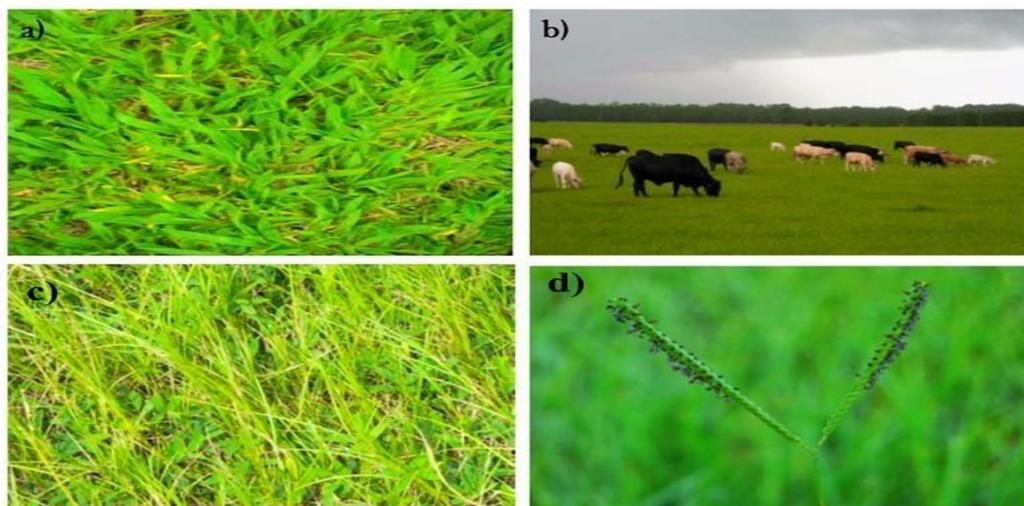
A recomposição vegetal se mostra como uma técnica eficiente na conservação de taludes, sendo eficaz na proteção contra erosões, desmoronamentos, entupimento de tubulações, etc. No entanto, o tipo de ambiente e a composição estrutural do talude são determinantes para a adaptação de cada espécie vegetal nesses locais.

Geralmente em áreas de taludes de Aterro Sanitário, as atividades de revegetação envolvem procedimentos específicos, juntamente com espécies de características particulares como: sobrevivência em condições de baixa fertilidade, tolerância a seca, crescimento vigoroso, disponibilidade de sementes, facilidade na propagação e eficácia na cobertura do solo (EINLOFT et al., 2000; SOUZA, 2007). Pereira (2005), em seu livro descreve estas especificidades como constituintes de fatores climáticos, ambientais, fisiológicos e edáficos fundamentais na seleção de espécies.

A utilização de plantas do gênero *Paspalum* em ambientes agropecuários subtropicais já vem sendo relatado como de boa adaptação a ambientes quentes, sendo suas espécies muito difundidas como de interesse econômico e utilizado na criação de bovinos de corte e equinos. (BURTON e MULLINIX, 1998; MONTEIRO, 1986).

A espécie *Paspalum notatum* Flüggé, vulgarmente conhecida como Grama Batatais, Gramão, Grama Forquilha ou Pasto Bahia, é uma gramínea perene, de crescimento rápido, em forma de touceiras. Possui porte rasteiro e proporciona bom recobrimento do solo. Adapta-se a qualquer tipo de solo, crescendo vigorosamente nos férteis e úmidos. Desenvolve-se desde o nível do mar até 2.500 m de altitude. É considerada planta colonizadora, pois aparece em qualquer região sob condições mais drásticas que não foram suportadas por outras gramíneas (Figura 05).

**Figura 05** - *Paspalum notatum* (grama-batatais) e suas diversas aplicações: em gramados e campos (a); em plantações e pastos (b); consorciadas com outras espécies (c) e em seu estágio reprodutivo (d).



Fonte: PEREIRA, 2005; NEWMAN et al. 2010.

É bastante resistente à ação animal tanto de pressão como de pisoteio, não sendo, porém, satisfatória como fonte de forragem para altas produções de carne e leite. Possui boa resistência ao fogo e à geada. Consorcia-se de forma natural com espécies de *Desmodium* e *Arachis* e pode ser associada a *Letononis*, trevos, estilosantes, corniçhão, azevém e feijão-guandú. Possui tempo de formação de 90 a 120 dias (NEWMAN, VENDRAMINI e BLOUNT, 2010; PEREIRA, 2005).

A espécie está associada a atividades de controle de erosão e recuperação de áreas degradadas, pois se adapta bem a solos ácidos e secos e com média fertilidade (PEREIRA, 2005).

### 3.4 Plataforma arduíno

A utilização de equipamentos Arduínos em projetos que incorporam a computação física em seus procedimentos têm sido uma tendência promovida a partir da fonte aberta, que compartilha conhecimentos alternativos e de solução objetiva para determinados profissionais que, muitas vezes ainda não possuem o conhecimento técnico em Engenharia Elétrica e que necessitam de técnicas de fácil acesso (BANZI e SHILOH, 2014).

McRoberts (2011), apresenta um conceito básico deste tipo de software, que se apresenta abaixo:

Em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. (...) O Arduino pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos independentes, ou pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à Internet para recuperar e enviar dados do Arduino e atuar sobre eles. Em outras palavras, ele pode enviar um conjunto de dados recebidos de alguns sensores para um site, dados estes que poderão, assim, ser exibidos na forma de um gráfico.

O dispositivo em questão tem as vantagens de permitir programações em linguagem C/C++ através de uma IDE escrita em Java com múltiplas bibliotecas que facilitam essas programações (TIMMIS, 2011).

Além disso, é um dispositivo que contém a integração entre hardware e software, que inclui um editor de código com variados recursos que auxiliam a programação e edição desses códigos. O *Arduíno* também é capaz de compilar e carregar programas para uma placa de uma forma simplificada e fácil (MONK, 2014).

A popularização deste dispositivo não para de crescer, visto que, desde o início dos projetos, em 2005, estão sendo amplamente utilizados pela comunidade científica, principalmente pela sua praticidade e simplicidade técnica que permite que mesmo um profissional fora da área técnica pode desenvolver seus projetos em tempo relativamente curto (MCROBERTS, 2011).

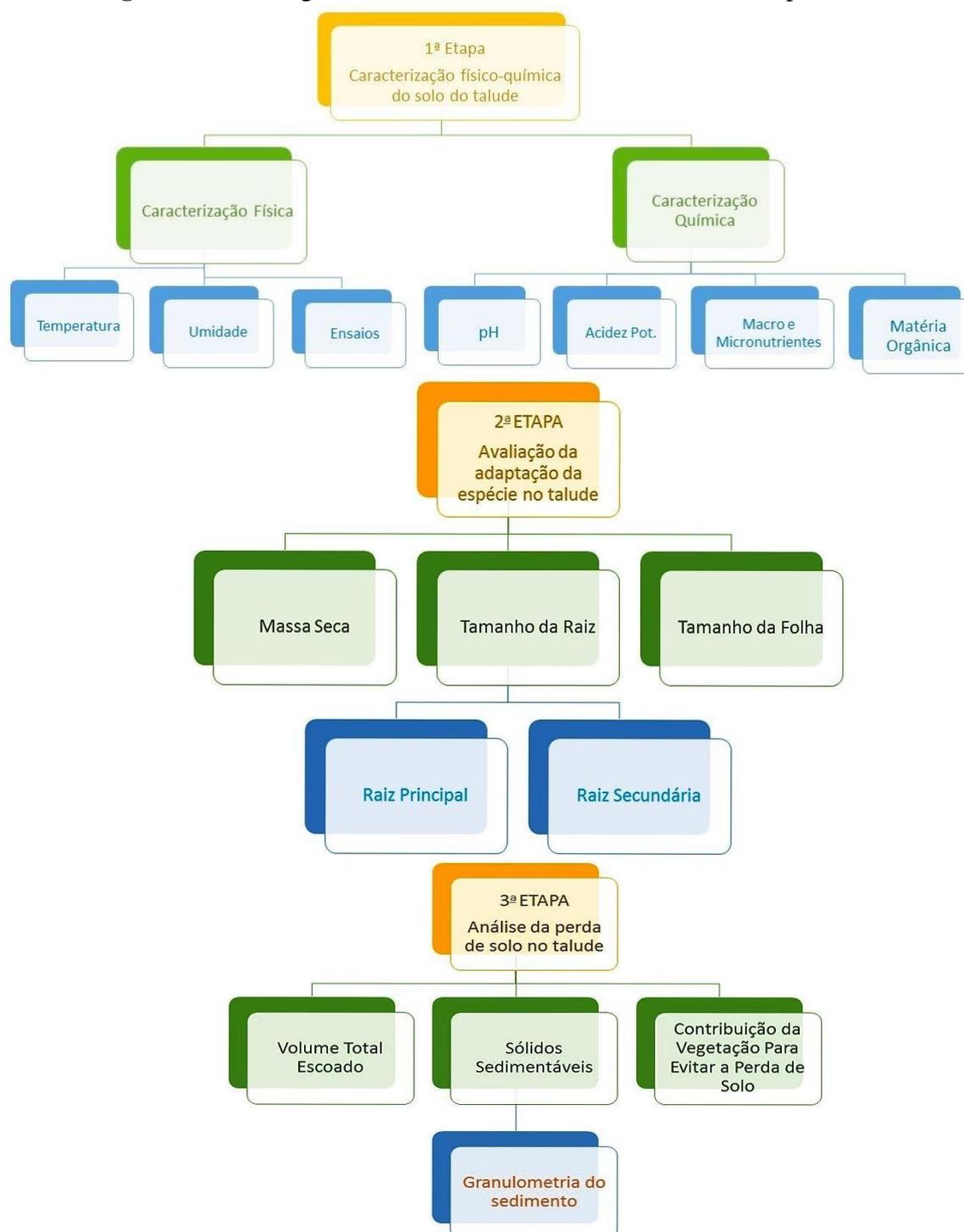
Oliveira et al (2014), utilizaram o dispositivo *Arduino*, *bluethooth*, sensor de nível, e um aplicativo para *Android* desenvolvido por um programa chamado APP Inventor, a partir do qual o morador residencial pode monitorar o volume de água a partir de um smartphone ou de um *tablet*. Verificou-se a facilidade de manuseio do aparelho, sua versatilidade, uso gratuito e suficiente para se atingir os objetivos propostos neste projeto.

Amorim et al. (2015) observaram a crescente popularização da placa *Arduino* em aplicações didáticas e salienta que essas propostas mostram que, com a utilização desse tipo de equipamento aumentam-se os recursos experimentais para a realização destas atividades de ensino, aliadas as exigências de baixo custo e de integração da Ciência com a área de Tecnologia Eletrônica e Informática.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram divididos em três etapas: 1) Caracterização Física e química da camada de cobertura do talude do aterro; 2) Avaliação da adaptação da espécie no talude; 3) Análise da perda da perda de solo no talude (Figura 06). As coletas foram realizadas entre os meses de agosto e dezembro de 2015.

**Figura 06** – Fluxograma de atividades realizadas durante os experimentos.



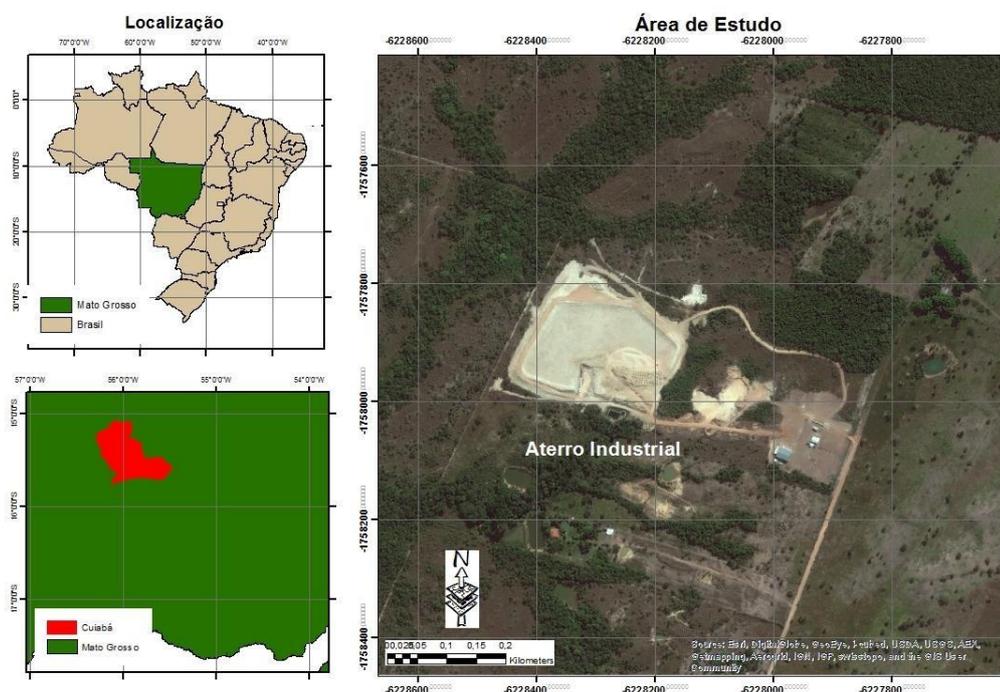
Fonte: O autor.

## 4.1 Área de Estudo

O Aterro Sanitário Industrial de Cuiabá (ASIC) localiza-se na fazenda Nova Esperança, Estrada do Couro, Km 03, distrito Pascoal Ramos, à 16 km do centro de Cuiabá. Encontra-se na maior região industrial do estado de Mato Grosso. A altitude varia de 146 a 250 metros na área urbana e seu entorno. A população é da ordem de 551.098 mil habitantes e a área do município de 3.495,424 km<sup>2</sup> (IBGE, 2013).

A área da ASIC situa-se entre as coordenadas geográficas 15° 35'43,42'' S e 55° 56'11'' W, com altitude de 204 m (Figura 07).

**Figura 07** - Localização do Aterro Sanitário Industrial de Cuiabá. - Escala 1:100.000.



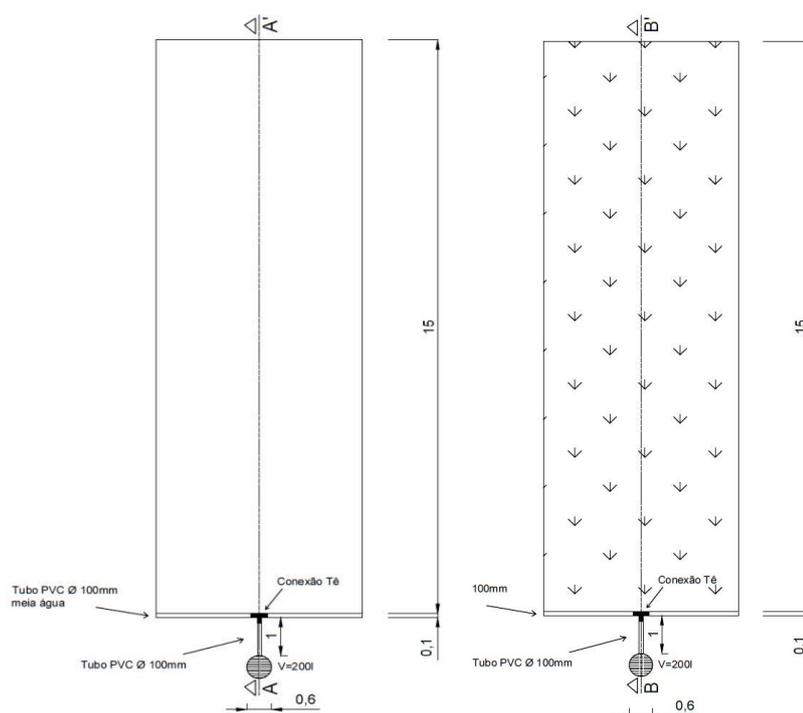
Fonte: O autor.

O clima é Tropical de Savana (AW) – quente e semiúmido. A temperatura média anual é de 26°C, com as máximas médias diárias em torno de 36°C, em setembro, e as mínimas de 15°C no mês de julho (INMET, 2000). O índice pluviométrico anual varia de 1.250 a 1.500 mm e a precipitação é mais intensa no verão (IPDU, 2007).

## 4.2 Demarcação das parcelas experimentais e periodicidade das amostragens

Para coletar todo escoamento superficial (sedimento + água) de duas parcelas sendo elas: Sem Vegetação e Com Vegetação (gramíneas), sendo que esta já se encontrava plantada na área estudada. Foi construída uma calha coletora de 13 m de comprimento e 2 m de largura (Figura 08).

**Figura 08** - Representação esquemática das parcelas delimitadas no aterro sanitário industrial.

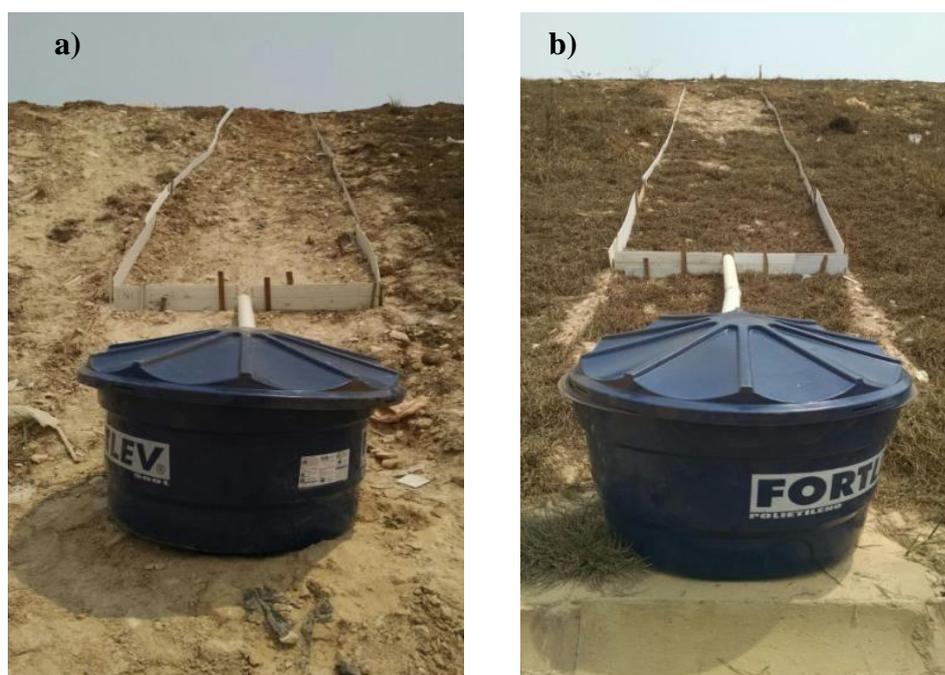


Fonte: O autor.

Para coletar a água do escoamento superficial da área das parcelas SV e CV foi adaptado um tubo de PVC com diâmetro de 100 mm meia água. Na base do talude de cada parcela foi instalado um reservatório de 50 L. Logo após um período os reservatórios de 50 L foram substituídos por reservatórios com capacidade de 200 Litros, devido ao alto volume de sedimento escoado por entre as células (LONDE, 2011; MANHAGO, 2008).

Ambos os reservatórios foram tampados para que a precipitação não fosse contabilizada como escoamento superficial (Figura 09). As coletas foram realizadas após cada evento de chuva capaz de proporcionar escoamento superficial.

**Figura 09** - Parcelas no talude Sem Vegetação (a) e Com Vegetação composta por *Paspalum. notatum* (b).



Fonte: O autor.

**Figura 10** – Periodização e frequência das coletas realizadas.

Análise Realizada	Frequência	Amostragem	Período
Atributos Físicos: granulometria, plasticidade, liquidez, permeabilidade, compactação e densidade	1 coleta	1 ponto em cada célula	Set/2015
Temperatura	7 coletas	6 pontos em cada célula	Set – dez/2015
Umidade	6 coletas	6 pontos em cada célula	Set – dez/2015
Atributos Químicos: pH em água, acidez potencial, macronutrientes e matéria orgânica	1 coleta	1 ponto em cada célula	Set/2015
Gramíneas: massa seca, medida de raiz e parte aérea	8 coletas	6 pontos na célula CV	Set – dez/2015
Perda de solo: volume total escoado	6 coletas	1 ponto em cada célula	Set – dez/2015
Concentração de sedimentos	11 coletas	1 ponto em cada célula	Set – dez/2015
Granulometria de sedimento	2 coletas	1 ponto em cada célula	02/11 e 15/11
Contribuição da vegetação para evitar perda de solo	11 coletas	–	Set – dez/2015

Fonte: O autor

### 4.3 Caracterização do solo da camada de cobertura do talude

Com o objetivo de determinar as condições e propriedades iniciais do solo em cada uma das parcelas estudadas, foi realizada uma caracterização física e química.

### 4.3.1 Caracterização Física

As amostras de solo foram coletadas aleatoriamente na camada de cobertura do talude do ASIC a uma profundidade aproximada de 0,10 m (Figura 11), identificadas e levadas ao Laboratório de Solos, localizado no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Mato Grosso, para as respectivas análises.

**Figura 11** - Amostras de solo utilizado na camada de cobertura do talude (a); Parcelas no talude sem vegetação (b); e solo com vegetação (*P. notatum*) do ASIC (c).



Fonte: O autor.

A Figura 12 apresenta os ensaios e as normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

**Figura 12** - Ensaios e Normas correspondentes ao solo da camada de cobertura do ASIC.

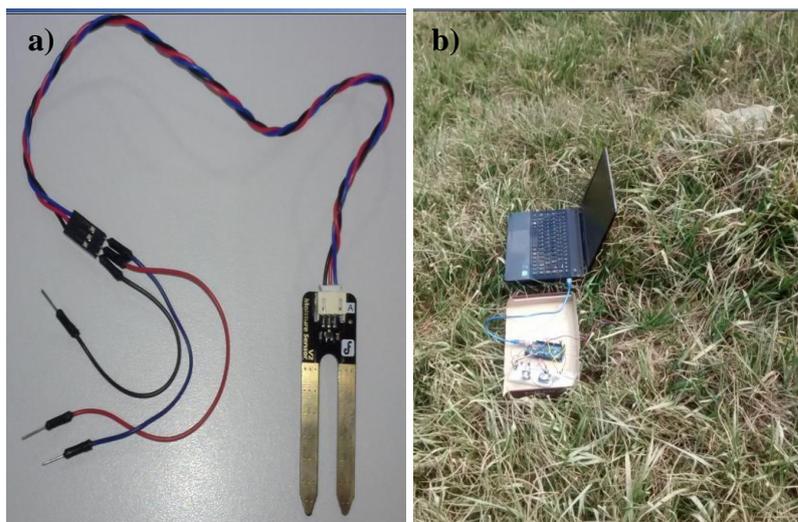
Ensaio	Norma Referente
Preparação das Amostras Determinação do Teor de Umidade com Secagem em Estufa	NBR 6457 – Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização – Método de ensaio (ABNT, 1986a).
Ensaio de Granulometria	NBR 7181 - Solo - Análise Granulométrica – Método de ensaio (ABNT, 1984c).
Determinação do Limite de Plasticidade	NBR 7180 - Solo - Determinação do Limite de Plasticidade - Método de ensaio (ABNT, 1984b)
Determinação do Limite de Liquidez	NBR 6459 - Solo – Determinação do Limite de Liquidez – Método de ensaio (ABNT, 1984b).
Determinação do Coeficiente de Permeabilidade	NBR 14545 - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável (ABNT, 2000).
Ensaio de Compactação	NBR 7182 - Solo - Ensaio de Compactação – Método de Ensaio (ABNT, 1986b).
Densidade Aparente	EMBRAPA, (1997)

Fonte: O autor.

#### 4.3.1.1 Determinação da temperatura e umidade no solo por software *Arduíno*

A determinação da temperatura e umidade do solo foi realizada nas profundidades de 2,5 e 5,0 cm utilizando sensor de temperatura com auxílio de software *Arduíno*, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* e *software* livre. (Figura 13).

**Figura 13** - Equipamentos utilizados na coleta. a) Sensor de umidade; e b) avaliação da temperatura e umidade do solo da parcela no talude Com Vegetação do ASIC.



Fonte: O autor.

#### 4.3.2 Caracterização Química

A coleta de solo consistiu de amostragem aleatória no talude da área experimental na profundidade de 0,20 m.

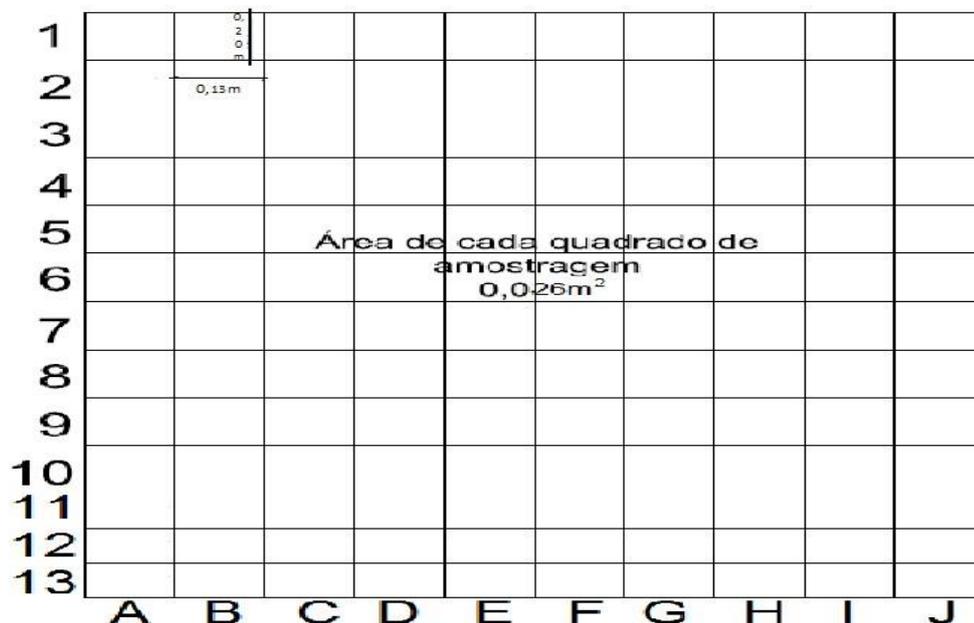
As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos limpos, devidamente identificados e conduzidos posteriormente para o Laboratório Agroanálise, para realização das análises químicas, de acordo com os procedimentos da EMBRAPA (1997). Os parâmetros avaliados foram: pH em água, acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), macronutrientes (P, K, N) e matéria orgânica (M.O.)

#### 4.4. Coleta de gramíneas nas parcelas

As amostragens das gramíneas foram realizadas conforme SILVA (2008a, 2008b) por amostragem aleatória estratificada, o que consiste em dividir as células em transectos

longitudinais de 0,13 m e transversais de 0,20 m de distância, formando quadrados de  $0,026 \text{ m}^2$  de área, conforme a Figura 14.

**Figura 14** - Representação dos transectos feitos nas células de estudo.



Fonte: O autor.

Para melhor efeito estatístico os transectos foram identificados de maneira alfanumérica e o sorteio, sempre realizado pelo mesmo coletor, designou qual área será coletada.

#### **4.4.1 Tamanho da parte aérea e raiz**

Após a coleta dos indivíduos nos pontos sorteados, os exemplares de plantas foram transportados ao Laboratório de Físico-Química do Departamento de Engenharia Sanitária, onde, com o auxílio de uma régua, foram medidos o tamanho da parte aérea e das raízes de cada indivíduo (Figura 15).

**Figura 15** - Medição das raízes das plantas coletadas no talude do Aterro.



Fonte: O autor.

#### **4.4.2** *Determinação da massa seca*

Para a determinação da massa seca dos indivíduos foram realizados cortes da parte aérea e das raízes das espécies fixadas no talude. O corte foi realizado bem rente ao solo e em seguida, no laboratório, os exemplares foram lavados em água corrente e água destilada, obtendo-se a massa úmida. Em seguida, pesados e armazenados em estufa por 72 horas a 65°C. Decorrido este tempo, o material foi novamente pesado, moído e armazenado em sacos de papel identificados (BORGES et al., 2011; LACERDA et al., 2009), com adaptações (Figura 16).

**Figura 16** - Determinação da massa seca: a) lavagem dos indivíduos com água destilada; b) estufa na qual eram acondicionadas as amostras; c) indivíduos armazenados em sacos de papel para secagem em estufa; d) pesagem dos indivíduos após 72h.



Fonte: O autor.

## 4.5 Avaliação da perda de solo

### 4.5.1. Volume total escoado

O volume total escoado foi obtido a partir de uma régua métrica medindo a altura de água escoada retida no interior do recipiente.

De posse do volume total escoado calcula-se o escoamento superficial, de acordo com a Equação 01 (EDUARDO et al. 2013).

$$L_{esc} = \frac{V^{esc}}{A} \quad \dots\dots (1)$$

Em que:  $L_{esc}$  = Lâmina escoada (mm);  $V^{esc}$  = Volume total escoado da parcela (L);  $A$  = Área da parcela, ( $m^2$ ).

### 4.5.2 Concentração de sedimentos

Após a realização das medidas de volume, homogeneizou-se energeticamente a mistura (sedimento + água) e retirou-se uma alíquota de 500 ml em uma garrafa plástica. Esta amostra,

rotulada com data de coleta e identificada pela origem da parcela, era levada ao laboratório onde se determinava a concentração de sedimentos por meio de secagem em estufa a temperatura de 105-110°C até constância de massa (MAGALHÃES, 2005) (Figura 17).

**Figura 17** - Determinação da concentração de sedimentos.



Fonte: O autor.

#### ***4.5.3 Contribuição da vegetação para evitar perda de solo***

Para se estimar a contribuição da vegetação sobre a perda de solo foi usada a Equação 02 (ZHOU e SHANGGUAN, 2007), com adaptações.

$$CT_v = \frac{SV - CV}{SV} \times 100 \quad (02)$$

Onde,  $CT_v$  é a contribuição total da vegetação, (%);  $SV$  é a quantidade de sedimento carregados em amostras sem vegetação (ml/L) e  $CV$  é a quantidade de sedimentos carregados em amostras com vegetação, (ml/L).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do solo da camada de cobertura do talude

A caracterização físico-química do solo que forma o talude do aterro teve por finalidade, além de especificar a composição química e física do substrato utilizado na camada final do talude, avaliar a qualidade deste como base para a revegetação. São discutidos os possíveis efeitos dessas características na implantação das espécies vegetais.

#### 5.1.1 Composição gravimétrica do solo de cobertura

As análises gravimétricas demonstraram a homogeneidade dos resultados do solo dos taludes do aterro sanitário, em relação a sua composição nas duas áreas (Tabela 01). Nas duas áreas predominou-se a textura areno-argilosa, o que é reiterado pelo Coeficiente de Permeabilidade de  $1,0 \times 10^{-6}$  cm/s na área com gramínea e  $1,1 \times 10^{-6}$  na área sem gramínea.

**Tabela 01** - Composição gravimétrica das amostras de solo bruto, com gramíneas e sem gramíneas dos taludes do Aterro Sanitário Industrial.

Análise	Amostra 1 _ Bruta	Amostra 2 _ Com Gramínea	Amostra 3 _ Sem Gramínea
Pedregulho > 2,0 mm	3,63 %	2,32 %	3,81 %
Areia Grossa 2,0 – 0,42 mm	6,57 %	4,20 %	3,39 %
Areia Fina 0,42 – 0,05 mm	33,06 %	27,36 %	27,02 %
Silte 0,05 – 0,005 mm	33,91 %	33,50 %	38,44 %
Argila < 0,005 mm	13,30 %	25,25 %	20,00 %
Argila Coloidal < 0,001 mm	9,53 %	7,37 %	7,33 %
Limite de Plasticidade (LP)	17,80 %	26,25 %	26,25 %
Limite de Liquidez (LL)	29,15 %	37,40 %	37,40 %
Índice de Plasticidade (IP)	11,35	11,15	11,15
Coeficiente de Permeabilidade	$1,17 \times 10^{-6}$ cm/s	$1,0 \times 10^{-6}$ cm/s	$1,1 \times 10^{-6}$ cm/s
Densidade	2,66	2,71	2,66

Em relação aos limites de plasticidade (LP), liquidez (LL), Índice de Plasticidade (IP) e Coeficiente de Permeabilidade, os resultados se mantiveram inalterados entre as duas áreas. Os resultados obtidos no LP e LL sugerem uma baixa resistência à erosão, apesar do solo estar classificado como arenoso. Isso foi verificado visualmente pela presença de erosão superficial na área sem vegetação na qual foi realizada a pesquisa, após períodos de chuva.

Conforme Wutke et al (2003), um substrato com boas condições para a penetração de raízes, apresenta uma permeabilidade média de  $5 \times 10^{-4}$  cm/s. Desta forma, considerando os valores obtidos nas áreas CV e SV estudadas, os solos não apresentam condições adequadas ao enraizamento, o que confirma os resultados obtidos anteriormente em LL e LP.

A densidade do substrato é uma propriedade do solo utilizada para mostrar as possíveis influências no crescimento de raízes das plantas. Raízes de plantas crescem bem em substrato que possui densidade 1,1 a  $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$ , crescem moderadamente bem em solos com densidade de até  $1,7 \text{ g.cm}^{-3}$ , e pobremente ou não crescem a densidades mais altas (NETO, 1995; DIAS, 1998). Dessa forma, nenhuma das amostras coletadas se mostra eficaz para o crescimento de plantas.

### ***5.1.2 Análise química do solo do aterro industrial***

Na Tabela 02 são apresentados os resultados das análises químicas das amostras na comparação entre as células com vegetação (CV) e sem vegetação (SV) do aterro sanitário Industrial.

**Tabela 02** – Resultados Analíticos de Amostras de Solo Com Gramínea e Sem Gramínea do Aterro Sanitário.

		AMOSTRA	
		Com Gramínea	Sem Gramínea
pH	Água CaCl <sub>2</sub>	6,1	5,3
		5,4	4,6
P	mg/dm <sup>3</sup>	38,0	7,8
K		112,5	32,0
Ca+Mg		2,41	0,62
Ca	Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	1,75	0,40
Mg		0,66	0,22
Al		0	0,3
H		2,35	1,18
Matéria Orgânica (g/dm <sup>3</sup> )		18,7	2,8
Areia	g/kg	423	390
Silte		217	233
Argila		360	377
Soma de Bases (S)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	2,70	0,70
CTC		5,05	2,17
Sat. por Bases (V)		53,47	32,26
Relações	Ca/Mg Ca/K	2,65	1,82
		5,98	4,81
	Mg/K	2,96	2,64
Relações (%) por	Ca	34,65	18,43
	Mg	13,07	10,14
	K	5,79	3,83
	H	46,53	54,15
Saturação por Al		0	30
Densidade Aparente (g/dm <sup>3</sup> )		1,2511	1,2202

A acidez do solo leva em consideração a acidez ativa e trocável, a saturação por alumínio e por bases, a capacidade tampão, que é estimada por meio da acidez potencial, e o teor de matéria orgânica. A partir desses resultados é possível inferir acerca da fertilidade do solo, também relacionando a acidez com a disponibilidade de cálcio e magnésio, de manganês e outros micronutrientes.

Através das análises realizadas, o pH do solo SV está incluído como de média acidez na classificação química e como solo inadequado (baixo) na classificação agrônômica. Após a adição da espécie *P. notatum* houve uma mudança para fraca acidez, e uma inadequação na classificação agrônômica, com um pH considerado alto para essa categorização.

A proporção de Fósforo e Potássio no substrato também são influenciados pela dinâmica das fontes destes nutrientes quando adicionados ao solo. Sua concentração pode ser classificada como muito baixo a muito bom, considerando a porcentagem de argila componente do substrato.

Nas células SV, tanto a concentração de P como a de K foram classificadas como baixas, em contrapartida na célula CV a concentração de P foi considerada como muito boa, e de K como boa.

Os teores de matéria orgânica entre as áreas variou de forma significativa, saindo de uma classificação média na área SV, a qual seria a ideal para esse solo, para um muito bom na porção CV.

A Soma de Bases (S), que revela o número de cargas negativas dos colóides do solo que está ocupado pelos cátions básicos trocáveis, da área SV se mostrou baixa, enquanto que na área CV encontrou-se um valor médio, o que indica que houve a adição de cátions, os quais serão utilizados no cálculo da Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

A CTC de um solo representa o número total de cátions que um solo pode reter e que depende de suas cargas negativas. Quanto maior um valor de CTC, maior a quantidade de cátions que este solo pode reter, por exemplo, o cátion Ca pode ser trocado pelo K e H, e viceversa. Existem dois tipos de CTC: a efetiva, que é a capacidade do solo em reter cátions próxima ao valor do pH natural; e a potencial, também chamada de CTC a pH 7,0, que seria o máximo de cargas negativas liberadas a pH 7,0 e que seriam ocupadas por cátions. No cálculo das CTC's é necessário conhecer os teores de cátions trocáveis, como K, Ca, Mg, Al e (H+Al). Os cátions K, Ca, Mg, Na são chamados cátions básicos. Por sua vez, os cátions H e Al são os chamados cátions ácidos.

Nas amostras sem vegetação, havia uma baixa concentração desses cátions, tal como os resultados obtidos por Magalhães (2005), que adverte sobre a possível presença de efeitos deletérios relacionados a toxidez nesses substratos, dificultando o enraizamento das espécies e alterando a disponibilidade de nutrientes entre solo e planta. Com a introdução da espécie vegetal houve uma mudança na disponibilidade de nutrientes no solo, que passa a ser classificado como ideal (médio).

A Saturação por Bases (V), expressa em porcentagens, é definida como a porcentagem de cargas negativas que estão ocupadas por K, Ca, Mg, Na, e passíveis de troca a pH 7,0 quando comparado com os pontos ocupados por (H+Al). As porcentagens obtidas nas células do Aterro apresentaram a classificação como solo fértil na porção com vegetação, e infértil na sem vegetação. Em regra, solos férteis são aqueles que apresentam saturação por bases (V) maior que 50%. Abaixo deste valor são considerados solos não férteis, de baixa fertilidade. O valor V

é muito usado, em alguns Estados brasileiros, para calcular a necessidade de calagem (LOPES e GUILHERME, 2004).

A Saturação por Alumínio (m) leva em consideração o teor de alumínio trocável do solo e a Capacidade de Troca de Cátions Efetiva, ou seja, os valores de  $Al^3$  e (t). Houve uma diminuição em relação a esse parâmetro no que diz respeito ao plantio de *P. notatum* nos taludes do aterro sanitário. Na porção SV, foi encontrado um (m) de 30%, o que é considerado como baixa. A vegetação fez com que esse valor diminuísse para 0, o que significa uma menor acidez do solo e menores limitações no desenvolvimento das plantas (RIBEIRO et al, 1999).

A Tabela 03 traz, de modo sintetizado, os resultados e interpretações obtidos com as amostragens de solo das áreas com e sem vegetação.

**Tabela 03** - Caracterização química geral do substrato do talude do Aterro.

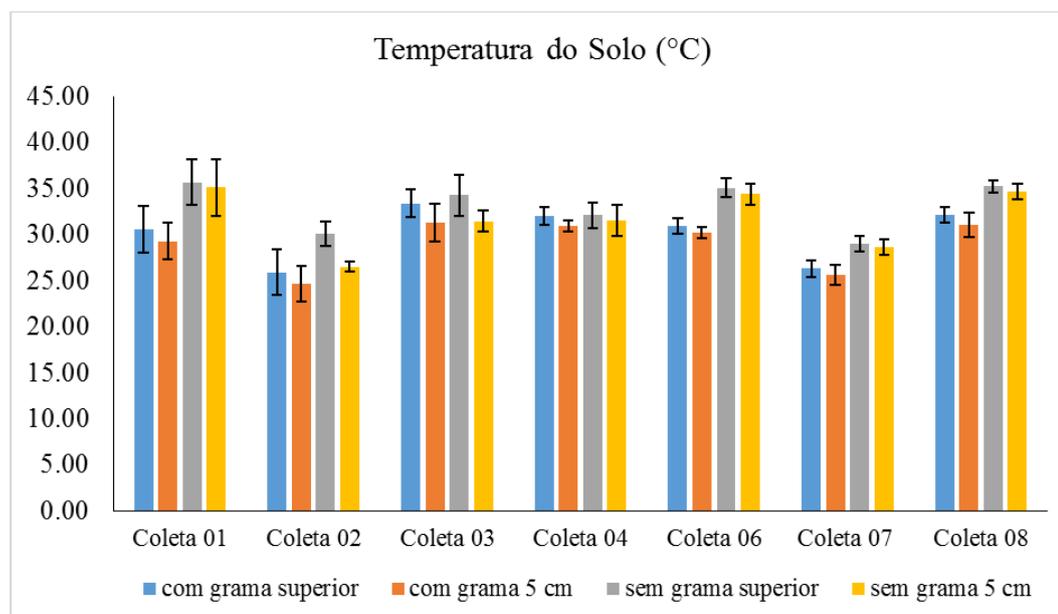
Nutriente	Unidade	Valor SV	Valor CV	Interpretação (RIBEIRO et al. 1999)
Soma de Bases (SB)	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,70	2,70	Baixa e Média
Acidez Potencial (H+Al)	cmolc/dm <sup>3</sup>	1,38	2,35	Baixa e Baixa
CTC Potencial (T)	cmolc/dm <sup>3</sup>	2,17	5,05	Baixa e Média
CTC Efetiva (t)	cmolc/dm <sup>3</sup>	1,00	2,69	Baixa e Média
Saturação por Al (m)	%	30,00	0,00	Baixa e Muito Baixa
Saturação por Bases (V)	%	32,26	53,47	Baixa e Média

Analisando os dados apresentados nas duas tabelas anteriores, infere-se que o substrato revegetado possui uma quantidade boa de macronutrientes, mas, devido ao baixo percentual de saturação por alumínio, a disponibilidade destes às plantas fica prejudicado.

### 5.1.3 Temperatura e Umidade do solo de cobertura

#### 5.1.3.1 Temperatura

Em geral, a média da temperatura das células sem vegetação mostrou-se maior do que nas células revegetadas. Essa diferença é mais evidente nas duas primeiras coletas, onde o decréscimo de temperatura entre as duas células esteve entre 2-5°C. Este resultado ilustra a capacidade de resfriamento do solo através do plantio de *P. notatum*. Nas outras coletas a diferença entre as temperaturas das células esteve entre os 2°C em média. As temperaturas acima dos 30° C também foram mais recorrentes nos dois tipos de células (Figura 18).

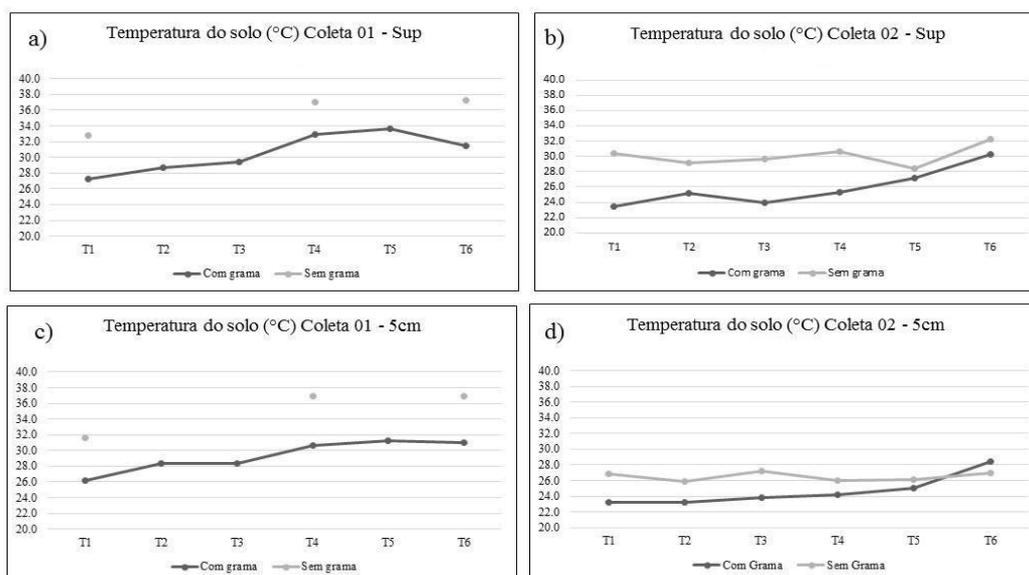
**Figura 18** - Temperatura, superficial e a 5 cm, do solo das células em cada coleta.

Fonte: O autor.

No início dos experimentos não estavam ocorrendo chuvas. A partir do mês de setembro, no período da quarta coleta, precipitações de até 18,5 mm ocorreram na região. Esses eventos pluviométricos contribuíram significativamente para estabilizar as temperaturas do solo nessas datas, como também para o crescimento e desenvolvimento das espécies instaladas até a coleta 08.

A progressão da temperatura ao longo dos pontos de coleta também evidenciou a diferença de temperatura entre a solo da célula sem vegetação e a com vegetação. Na primeira coleta, houve picos de 37°C na porção superior do solo sem grama contra 34°C no solo revegetado (Figura 19a). A 5cm a diferença fica ainda mais evidente, com até 6°C de diferença entre as células. (Figura 19b). Esse padrão continua ocorrendo entre os pontos na coleta 02, com máximas de 32°C e 30°C nas células SV e CV, respectivamente, e com variação de até 5°C entre elas, no ponto 04 (Figura 19c). A 5cm a porção sem grama continua com temperatura maior, mas com um espectro menor entre as células.

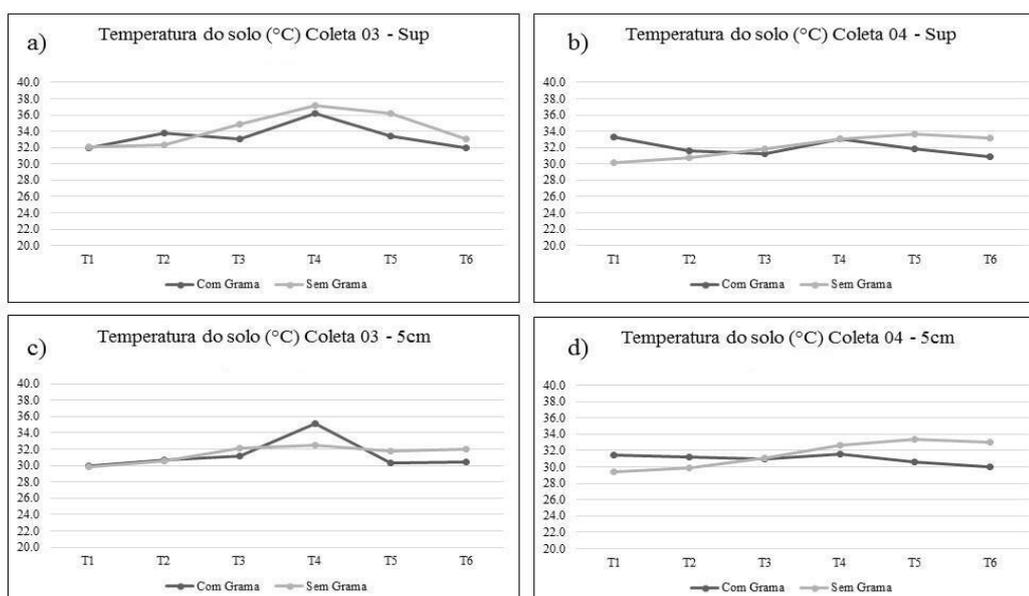
**Figura 19** - Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e (c) e a 5cm (b) e (d) nas coletas 01 e 02.



Fonte: O autor.

Nas coletas 03 e 04 o padrão de distribuição se mantém entre as células e através dos pontos, mas difere das duas primeiras amostragens. Isso pode ser explicado por agentes externos, como a temperatura do ar, que esteve menor nesses períodos (Figura 20).

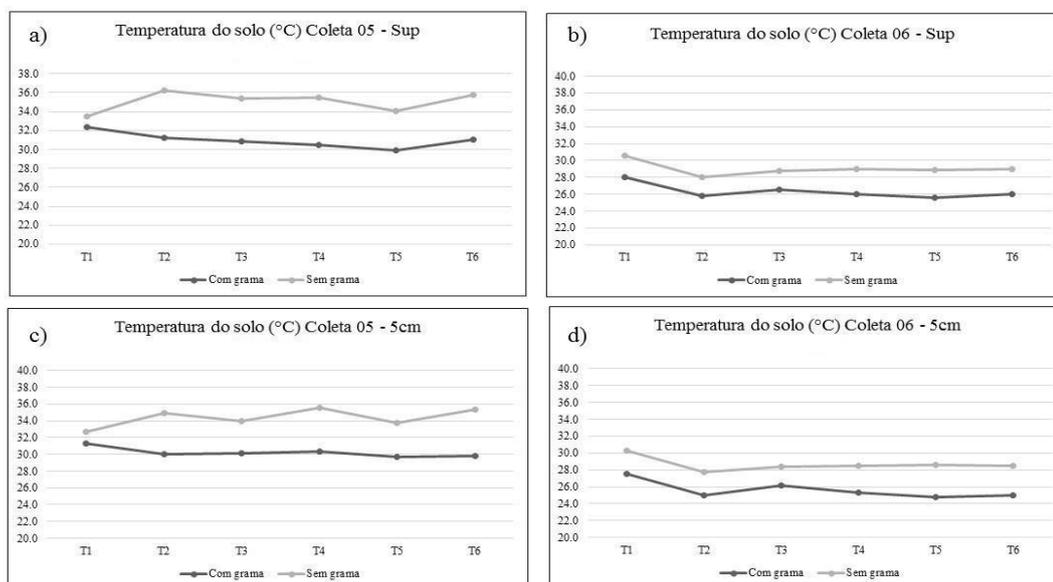
**Figura 20** - Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e (c) e a 5cm (b) e (d) nas coletas 03 e 04.



Fonte: O autor.

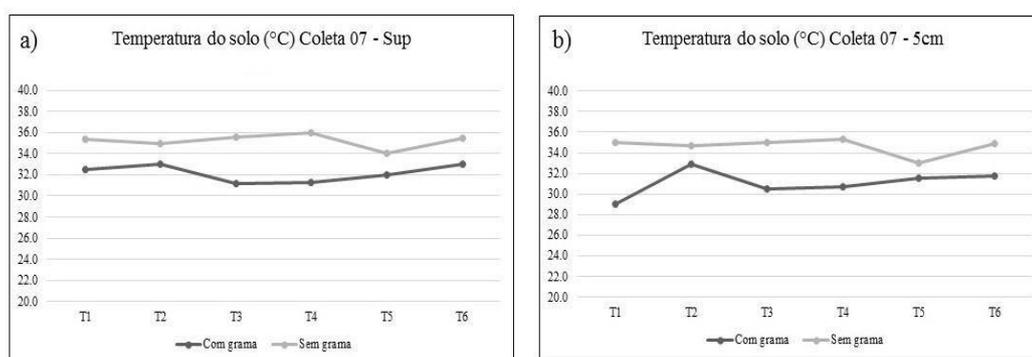
De qualquer forma, nos pontos mais altos do talude a temperatura da célula SV sempre se mantém maior, ao passo que na presença da vegetação a temperatura permanece mais baixa (Figuras 20 e 21).

**Figura 21** - Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e (c) e a 5cm (b) e (d) nas coletas 05 e 06.



Fonte: O autor.

**Figura 22** - Variação espacial da temperatura do solo superficial (a) e a 5cm (b) nas coletas 07.



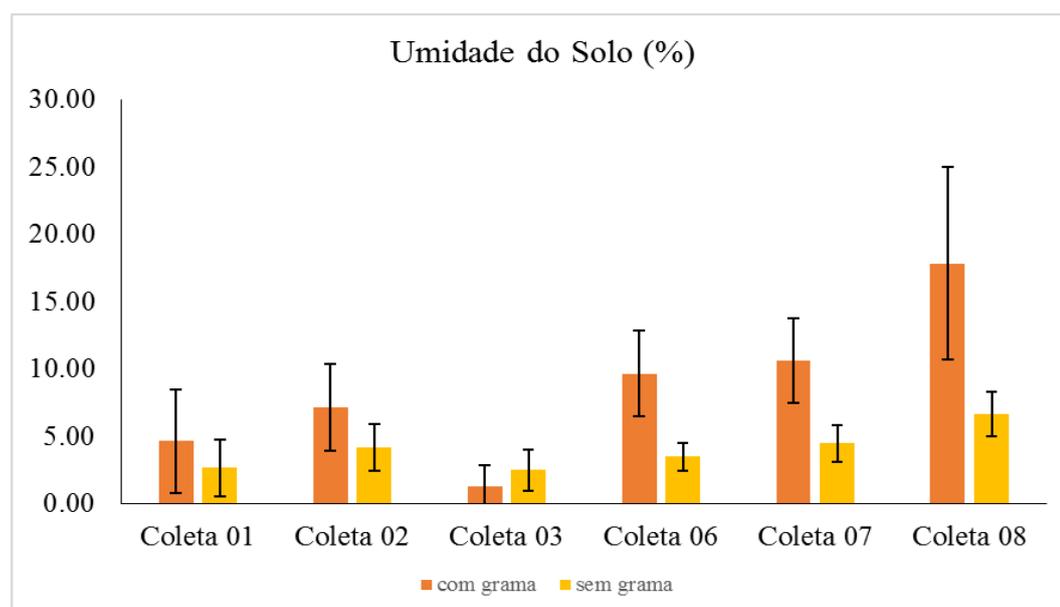
Fonte: O autor.

Temperaturas até 35° C são consideradas ideais para o bom estabelecimento da espécie *P. notatum*, que crescem vigorosamente sob altas temperaturas e dias longos (NEWMAN, 2014; PEREIRA, 2005).

### 5.1.3.2 Umidade

De acordo com a Figura 23, o teor de umidade natural do solo variou de 1,3% até 7,1% entre as coletas realizadas na parcela revegetada, e de 2,7% a 4,1% na área sem vegetação. O baixo valor na umidade do solo sem cobertura vegetal deve-se à alta evaporação que ocorre nestas áreas, devido à falta de instrumentos estabilizadores de umidade (MAGALHÃES, 2005).

**Figura 23** - Umidade do solo nas células em cada coleta.



Fonte: O autor.

Na coleta 06 houve um aumento significativo na umidade (9%), causada por um período de precipitação anterior a mesma. Houve também uma mudança no padrão de variação, onde a área sem vegetação apresentou uma maior umidade em relação àquela com vegetação, o que pode ser explicado pela maior produção de biomassa vegetal e acúmulo de resíduos na superfície, proporcionando a proteção do solo e diminuindo as variações térmicas e hídricas (CATTELAN E VIDOR, 1990).

### 5.1.4 Análise do pH do solo de cobertura

O valor do pH é largamente utilizado como indicador de acidez do substrato para fins de revegetação. Dias (1998) salientou que em termos de nutrição mineral de plantas, a faixa ideal de variação é de 5,5 a 6,0. A variação do pH está relacionada a biodisponibilidade de nutrientes como cálcio, magnésio e manganês, além de micronutrientes como cobre, boro, ferro e zinco

(RIBEIRO et al., 1999). O aumento no pH, observado entre as células sem vegetação e com vegetação pode estar relacionado com o aumento da concentração desses nutrientes no solo do aterro, evidenciado anteriormente. Segundo Newman (2014), a faixa ideal para o crescimento da espécie *P. notatum* é a de 4,5 a 6,5, dessa forma, o pH do solo da camada de cobertura, coletada nos períodos de seca (Tabela 04) e chuva (Tabela 05), são considerados adequados.

**Tabela 04** - Composição de pH “in situ” no período de seca

<b>pH</b>	<b>Cobertura com grama</b>	<b>Cobertura sem grama</b>
Amostra 01	6,0	5,3
Amostra 02	6,1	5,4
Amostra 03	5,8	5,5
Amostra 04	6,2	5,6
Amostra 05	5,9	5,4

**Tabela 05** - Composição de pH “in situ” no período de chuva

<b>pH</b>	<b>Cobertura com grama</b>	<b>Cobertura sem grama</b>
Amostra 01	6,2	5,4
Amostra 02	6,0	5,5
Amostra 03	5,9	5,5
Amostra 04	6,2	5,7
Amostra 05	6,1	5,6

## 5.2 Análise da espécie *Paspalum notatum* em talude de aterro

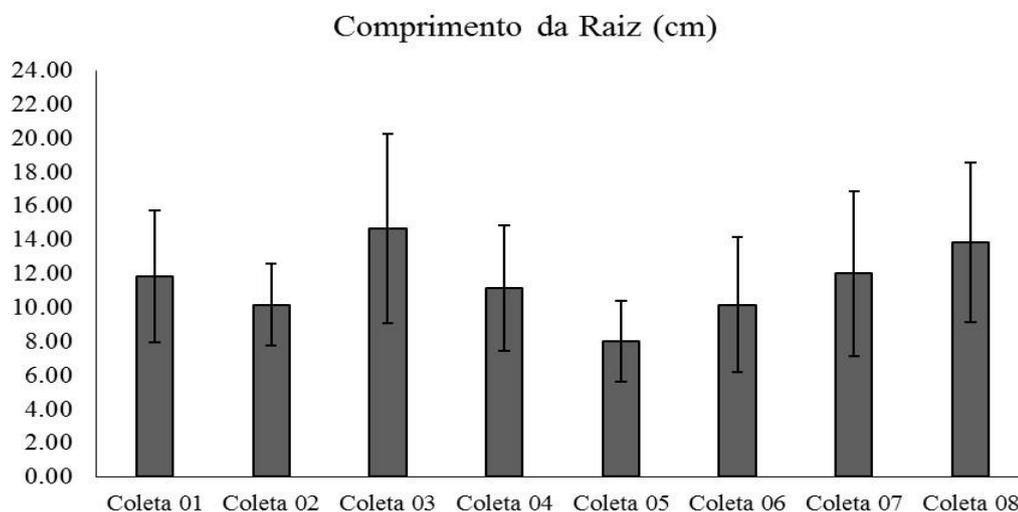
Dentre as características analisadas em relação ao crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais em áreas de revegetação, merecem destaque a capacidade de germinação, o hábito, a capacidade de crescimento e desenvolvimento da planta (ACCIOLY, 2001).

Segundo Reinert (1998), o crescimento das raízes de 0-15cm de profundidade no substrato está entre os melhores métodos de se avaliar o seu desenvolvimento, de modo que, o sucesso na implantação das espécies está diretamente ligado à quantidade de raiz emitida ao longo do tempo.

A Figura 24 ilustra as medidas obtidas nas raízes das espécies coletadas no aterro. Houve grande variedade de comprimentos em cada exemplar coletado, o que demonstra o sucesso na implantação da espécie no substrato. Na coleta 03 houve a maior média de comprimento, com

14,67 cm na raiz principal. Em geral, as raízes coletadas nas oito amostragens possuem mais de 10cm, com exemplares chegando aos 20cm, o que indica uma boa fixação ao solo (ACCIOLY, 2001).

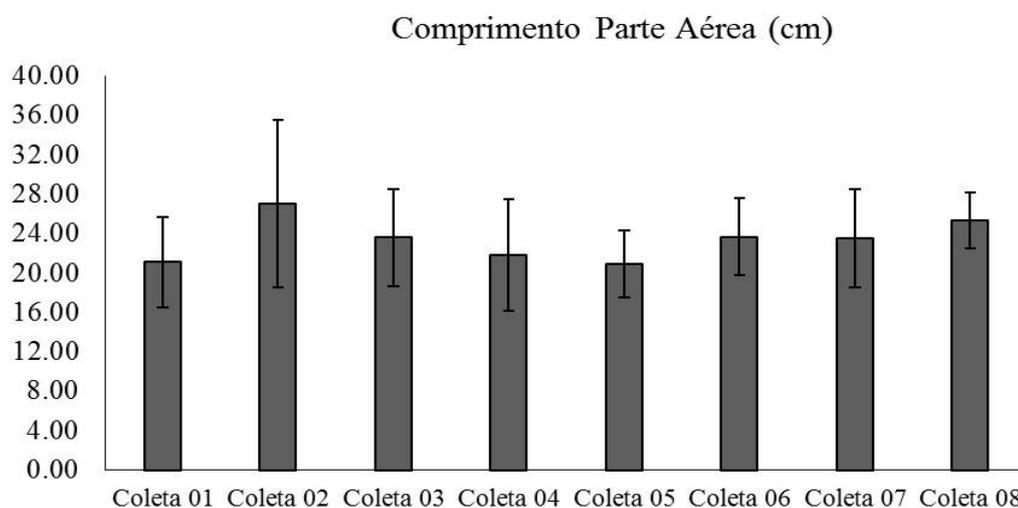
**Figura 24** - Médias obtidas em cada coleta do comprimento das raízes da espécie *P. notatum*.



Fonte: O autor.

Em relação a parte aérea das plantas, os exemplares coletados nas oito amostragens apresentaram tamanho médio de 23,36cm, com maior média na segunda coleta, com 27cm. Newman et al. (2008) preconiza que as folhas de *P. notatum* podem crescer de 30 à 63cm, o que indica que está havendo um baixo crescimento da parte aérea das plantas utilizadas na revegetação do aterro sanitário (Figura 25).

**Figura 25** - Médias obtidas para a parte aérea da espécie *P. notatum* em cada coleta.

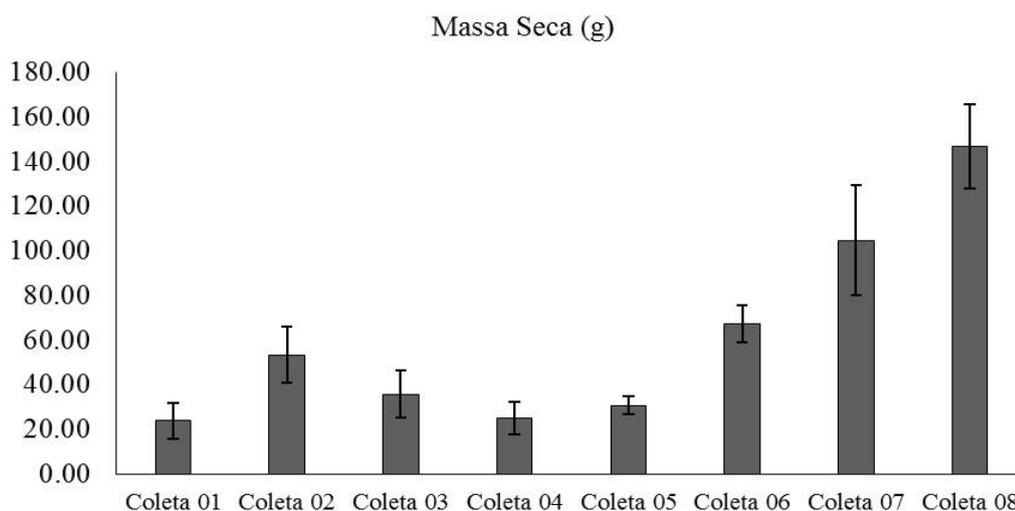


Fonte: O autor.

Pode estar havendo também a baixa disponibilidade de Fósforo ou Potássio no tecido foliar dos espécimes, que devem estar entre 0,15%-0,4% e 1,2%-2,5%, respectivamente. Caso estejam inferiores desses valores, a adição de fertilizantes será necessária para manter a produção de forragem adequada (NEWMAN et al., 2009).

Em relação a massa seca da espécie *P. notatum* houve um aumento de aproximadamente 20g entre resultados obtidos na primeira e na segunda coleta. A partir desse ponto o teor da massa seca oscilou entre 30 e 35g nas três coletas seguintes, mantendo uma média de 30g em cada coleta realizada. A partir da Coleta 06 houve um incremento de massa nas espécies amostradas, com aumento de até 90g em relação às primeiras coletas. Isso pode estar relacionado as precipitações que ocorreram na área, a partir do mês de setembro, ocasionando crescimento e melhor estabelecimento da espécie (Figura 26).

**Figura 26** - Médias obtidas em cada coleta da massa seca da espécie *P. notatum*.



Fonte: O autor.

As variações observadas entre cada coleta podem estar relacionadas a fatores abióticos como teor de umidade, luz, temperatura ou disponibilidade de nutrientes (EINLOFT, 2000; GUERRA et al. 1999; MAGALHÃES, 2005).

### 5.3 Análise da perda de solo nas células

#### 5.3.1 Precipitação, vazão e coeficiente de escoamento da área SV e CV

Na Tabela 06 são apresentados os dados das precipitações, em milímetros, que ocorreram na região do Aterro e que, através do armazenamento do material escoado nos recipientes serviram para determinação da vazão (Q) atuante em cada área do talude. Os valores representados na tabela serviram de dados iniciais a determinação da perda de solo através da chuva no talude.

A partir dos dados de vazão é possível inferir que houve maior escoamento na área onde não há vegetação, no qual houve arraste de até o dobro de sedimento a mais em relação à área com vegetação.

**Tabela 06** – Precipitação e vazão da área SG e CG do Aterro Sanitário.

	Precipitação (mm)	Q (Vazão) Sem Grama	Q (Vazão) (L) Com Grama	Coeficiente de escoamento (C) Sem grama	Coeficiente de escoamento (C) Com grama
Coleta 01	3,4 (04:00-07:00h)	49,11	27,00	0,60	0,33
Coleta 02	1,2 (18:00-20:00h)	38,53	15,17	0,88	0,35
Coleta 03	1,3 (16:00-20:00h)	41,78	16,90	0,89	0,36
Coleta 04	1,5 (21:00-21:15h)	37,7	14,73	0,87	0,34
Coleta 05	1,2 (13:00-13:15h)	30,51	11,79	0,88	0,34
Coleta 06	1,8 (09:00-12:00h) (18:00-19:00h)	19,28	7,39	0,89	0,33

#### 5.3.2 Precipitação e Sólidos sedimentáveis

Foram realizadas coletas de sedimento em cada célula experimental, as quais passaram pelo processo de sedimentação em cone de Imhoff, obtendo-se os sólidos sedimentáveis em cada coleta. É possível observar que houve maior quantidade de sedimento nas amostras oriundas das áreas sem vegetação (Figura 27).

**Figura 27** – Amostras de sedimento carregado, coletados nas células com vegetação (esquerda) e sem vegetação (direita).



Fonte: O autor.

Destas amostras, foram selecionadas casualmente duas, que foram submetidas ao processo de granulometria para detalhamento da composição do sedimento escoada nas duas células (Figura 27).

**Tabela 07** – Sólidos sedimentáveis obtidos em cada período de chuva coletada nas áreas SV e CV do Aterro Sanitário.

<b>Data</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>SSed (mL/L) Sem grama</b>	<b>SSed (mL/L) Com grama</b>
10/09	20,2	26,58	3,90
26/09	3,4	8,82	1,70
03/10	7,8	-	-
10/10	1,2	3,69	0,61
11/10	0,6	1,49	0,25
27/10	4,4	-	-
28/10	25,5	31,52	5,47
29/10	3,2	-	-
<b>02/11*</b>	<b>18,5</b>	<b>24,85</b>	<b>2,43</b>
04/11	7,3	-	-
05/11	1,3	-	-
06/11	8,5	-	-
07/11	0,5	-	-
09/11	1,5	-	-
11/11	9,0	-	-
<b>15/11*</b>	<b>3,3</b>	<b>7,14</b>	<b>1,18</b>
20/11	2,8	-	-
21/11	2,5	-	-
24/11	0,8	2,46	0,71
26/11	9,2	-	-
28/11	1,0	-	-
29/11	2,4	-	-
30/11	18,9	25,10	3,90
02/12	1,2	-	-
06/12	42,8	-	-
09/12	1,8	4,69	0,48
10/12	1,8	-	-
11/12	8,2	-	-
12/12	0,6	0,75	0,20

\* Amostras utilizadas na granulometria de sedimento.

Fonte: O autor.

### 5.3.3 Granulometria do sedimento carregado através da chuva

Segundo a granulometria do sedimento carregado através das chuvas nas duas áreas, a presença da espécie de gramínea *P. notatum* alterou a composição do sedimento, pois nas amostras a1 e b1, a maior porcentagem de material escoado compõe-se de areia média e fina (Tabela 08). Nas amostras sem a vegetação foi observado que havia um arraste maior de partículas pequenas, como silte e argila, que compunham cerca de 50% do sedimento coletado nessas áreas.

**Tabela 08** – Classificação granulométrica do sedimento coletado nas células SV e CV do Aterro Sanitário.

<b>Amostra a1 (Sem Gramínea)</b>			
<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Peso Retido (g)</b>	<b>% retida</b>
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	8.4	53.2
Areia fina	0,06 mm a 0,2 mm	4.77	30.2
Silte/Argila	< 0,06 mm	2.61	16.6
		15.78	100

<b>Amostra a2 (Com Gramínea)</b>			
<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Peso Retido (g)</b>	<b>% retida</b>
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	1.15	32.9
Areia fina	0,06 mm a 0,2 mm	0.62	17.8
Silte/Argila	< 0,06 mm	1.72	49.3
		3.49	100

<b>Amostra b1 (Sem Gramínea)</b>			
<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Peso Retido (g)</b>	<b>% retida</b>
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	1.94	47.0
Areia fina	0,06 mm a 0,2 mm	1.2	29.0
Silte/Argila	< 0,06 mm	0.99	24.0
		4.13	100

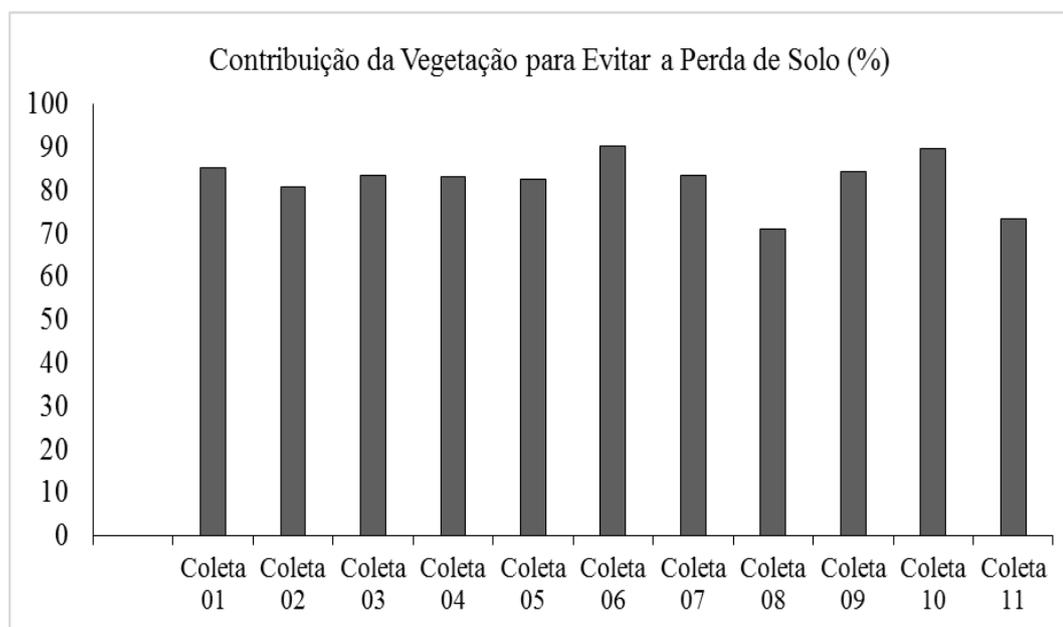
  

<b>Amostra b2 (Com Gramínea)</b>			
<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Peso Retido (g)</b>	<b>% retida</b>
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	1.18	31.3
Areia fina	0,06 mm a 0,2 mm	0.69	18.2
Silte/Argila	< 0,06 mm	1.91	50.5
		3.78	100

Fonte: O autor.

#### 5.3.4 Contribuição da vegetação para evitar perda de solo

O porcentual de contribuição da vegetação para redução de arraste de sedimento se mostrou elevado em todas as coletas. O menor valor obtido esteve acima dos 70%, chegando a ultrapassar a taxa de 90% no início do mês de novembro. Em média, a contribuição da espécie *P. notatum* para evitar a perda de solo foi de 82,52% (Figura 27).

**Figura 27** – Porcentual de contribuição da vegetação para a redução do arraste de sedimento

Fonte: O autor.

Dong et al. (2015) encontraram resultados semelhantes em experimentos com a espécie de grama *Lolium perene L.* em taludes de diferentes inclinações ( $5^\circ$ ,  $15^\circ$  e  $25^\circ$ ), e sob diferentes intensidades de chuva (60, 90 e 120mm/h). A espécie proporcionou um percentual de 80,59% a 96,17% de redução de transporte de sedimentos em áreas revegetadas. Os autores também reiteraram que tais experimentos podem ser utilizados no aprofundamento das investigações dos efeitos das plantas na erosão do solo em áreas inclinadas, além de trazer inovações para gerenciamento do solo e conservação das águas.

Dentre os fatores que implicam no aumento do carreamento de sedimento através dos taludes estão: a inclinação dessas áreas e a intensidade e duração das chuvas, segundo Snelder e Bryan, (1995).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve diferença na composição físico-química dos solos coletados no aterro, no que diz respeito a macro e micronutrientes, troca catiônica, dentre outros elementos químicos existentes entre a área sem grama e com grama. As análises demonstram que as propriedades físicas do solo não são adequadas ao crescimento da espécie estudada, muito provavelmente por conta da origem deste solo. Entretanto, a partir da implantação da espécie houve um incremento na parte química solo, o que possibilitou o crescimento da mesma neste ambiente.

A espécie *Paspalum Notatum* obteve uma adaptação significativa no solo do Aterro Sanitário Industrial, com aumento de sua massa seca, parte aérea e raízes ao longo das coletas. Por conta das características físico-químicas do solo, ou de outros fatores bióticos e abióticos, a espécie ainda não tenha conseguido a plena adaptação e desenvolvimento até o momento dos experimentos. O auxílio de fertilizantes ou o consórcio com outras espécies pode maximizar esses resultados, além de um constante monitoramento do crescimento dos indivíduos no solo do aterro. Para futuros trabalhos, a implantação de novas espécies, consorciadas ou não, juntamente com uma análise mais focada na fisiologia e na interação destas com o solo são fundamentais para a ampliação do conhecimento da área de bioengenharia do solo.

A espécie também proporcionou uma diminuição no arraste de sedimentos por águas pluviais. Os cálculos de contribuição relativa demonstraram um aumento de 82%, em média, na retenção de sedimento na área com grama. A quantidade de sólidos em suspensão foi maior nas parcelas sem grama e houve também diferenças na composição granulométrica do sedimento, demonstrando a efetividade da espécie no controle de erosões no local.

A espécie também proporcionou uma diminuição no arraste de sedimentos por águas pluviais. Os cálculos de contribuição relativa demonstraram um aumento de 82%, em média, na retenção de sedimento na área com grama. A quantidade de sólidos em suspensão foi maior nas parcelas sem grama e houve também diferenças na composição granulométrica do sedimento, demonstrando a efetividade da espécie no controle de erosões no local.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Para futuros trabalhos, a implantação de novas espécies, consorciadas ou não, juntamente com uma análise mais focada na fisiologia e na interação destas com o solo são fundamentais para a ampliação do conhecimento da área de bioengenharia do solo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): **NBR 6.457**. Amostras de Solo – Método de Ensaio. 1986a.

\_\_\_\_\_ **NBR 6.459**. Limite de Liquidez – Método de Ensaio. 1984a.

\_\_\_\_\_ **NBR 7.180**. Limite de Plasticidade do Solo – Método de Ensaio. 1984b.

\_\_\_\_\_ **NBR 7.181**. Análise Granulométrica de Solos – Método de Ensaio. 1984c.

\_\_\_\_\_ **NBR 7.182**. Ensaio de Compactação – Método de Ensaio. 1986b.

\_\_\_\_\_ **NBR 8.419**. Apresentação de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. 1992.

\_\_\_\_\_ **NBR 10.561**. Águas - Determinação de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) - Método do cone de Imhoff. 1988.

\_\_\_\_\_ **NBR 10.004**. Resíduos Sólidos – Classificação. 30/11/2004.

\_\_\_\_\_ **NBR 14.545**. Coeficiente de Permeabilidade de Solos Argilosos a Carga Variável. 2000.

ACCIOLY, A. M. A. **Amenizantes e estratégias para o estabelecimento de vegetação em solos de áreas contaminadas por metais pesados**. 2001. 186 f. (Tese de Doutorado). Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

AMORIM, H. S.; DIAS, M. A.; SOARES, V. Sensores digitais de temperatura com tecnologia *one-wire*: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4310. 2015.

BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros passos com o Arduíno**. 2ª Edição. São Paulo: Novatec Editora, 2014. 240p.

BERNARDES JÚNIOR, C.; SABAGG, M. A. F.; FERRARI, A. A. P. Aspectos Tecnológicos de Projetos de Aterros de Resíduos Sólidos, in: RESID'99 – SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1999, p. 51-68.

BORGES, B. M. M. N.; LUCAS, F. T.; MODESTO, V. C.; PRADO, R. M.; SILVA, E. S.; BRAOS, B. B. Métodos de determinação da matéria seca e dos teores de macronutrientes em folhas de alface. **Revista Trópica**. V. 5, N. 1, pág. 12, 2011.

BURTON, G. W.; MULLINIX, B. G. Yield distributions of spaced plants within Pensacola bahiagrass populations developed by recurrent restricted phenotypic selection. **Crop Science**, v.38, n.2, p.333-336, 1998.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuação na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:133-142, 1990.

CETESB. **Resíduos sólidos industriais – tratamento no solo – procedimentos**. Procedimento L10.101. São Paulo, SP, 1988.

COUTO, L; GONÇALVES, W; COELHO, A. T; PAULA, C. C; GARCIA, R; AZEVEDO, R. F; LOCATELLI, M. V; ADVÍNCULA, T. G. L; BRUNETTA, J. M. F. C. COSTA, C. A. B; GOMIDE, L. C; MOTTA, P. H. Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil. **Boletim Técnico CBCN** - Viçosa, MG: 2010 CBCN, 118p. 2010. ISSN: 2177-305X.

CUSATIS, A. C. **Diagnóstico de taludes rodoviários revegetados naturalmente na região de Viçosa, MG**. 2001, 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

DE MASI, D. **A sociedade pós-industrial**. 3º ed. São Paulo: Senac, 2000.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: **Recuperação de áreas degradadas**. ed.1. Viçosa: UFV, pg. 27-44. 1998. 251 p.

DONG, Y.; LEI, T.; LI, S.; YUAN, C.; ZHOU, S.; YANG, X. Effects of rye grass coverage on soil loss from loess slopes. **International Soil and Water Conservation Research**. V.3, n.3. p. 170-182. 2015.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F.; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C.; ALMEIDA, W. S. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 2013, vol.37, n.3, p. 796-803. ISSN 0100-0683.

EINLOFT, R.; OZÓRIO, T. F.; SILVA JÚNIOR, W. M. da. Técnica de revegetação para recuperação de áreas degradadas. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, ano 2, n. 10, p.19-20. 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 212p. 1997.

FERREIRA, J. M. B; FERREIRA A. C. A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**. 2008, vol. 3, n. 3, p. 157-170.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

HOLANDA, F. S. R; ROCHA, I. P; OLIVEIRA, V. S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.6, p.570–575, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas das populações residentes, em 01.07.2005, segundo os municípios**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 de março de 2015.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Boletim da estação 2504600 – **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**. Delegacia Federal da Agricultura – DFA/MT, 9.º Distrito de Meteorologia, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo. 370 p. 2000.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO – IPDU. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá de Cuiabá** – Volume III – Cuiabá, MT. 2007.

KOERNER, R. M.; DANIEL, D. E. **Final covers for solid waste landfills and abandoned dumps**. 1. ed. Virginia: Asce press, 1997. 256 p.

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v.25, p.185190, 2009.

LONDE, P. R; BITAR, N. A. B. Importância do uso de vegetação para contenção e combate à erosão. **Perquirere**: Patos de Minas: UNIPAM, 8(2):224-249, 2011.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação da Análise do Solo - Conceitos e aplicações**. ANDA, São Paulo. ed. atual. 2004. 51p. Boletim Técnico No 2.

MACHADO JÚNIOR, D. de M. **Taludes de Rodovias: orientações para diagnósticos e soluções de problemas**. São Paulo: IPT. 2003.

MCROBERTS, M. **Arduíno Básico**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MAGALHÃES, A. F. **Avaliação do desempenho de técnicas de bioengenharia na proteção e conservação da cobertura final de taludes em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos: Estudo de Caso para o Aterro Sanitário de Belo Horizonte, MG**. – 2005, 169 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.

MANHAGO, S. R. **Técnicas de revegetação de Talude de Aterro Sanitário**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2008.

MONK, S. **Projetos com Arduino e Android**. Editora Bookman, 2014.

MONTEIRO, F. A. **Sulfur fertilization and nutrient distribution in a Flórida spodosol profile under white clover-Pensacola bahiagrass**. Gainesville, 1986. 182p. Tese (Ph.D.) – University of Florida.

MORAIS, C. A; ALBUQUERQUE, R. O; LADEIRA, A. C. Q. Processos físicos e químicos utilizados na indústria mineral. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Nº 8, p. 9-17, 2014.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, O. S. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

NETO, J. A. M. **Avaliação do uso de forrageiras e de adubações na recuperação de propriedades químicas e físicas de um solo degradado pela mineração do xisto**. Curitiba: UFPR, 1995. 83 p.

NEWMAN, Y. C., AGYIN-BIRIKORANG, S; ADJEI, M. B; SCHOLBERG, J. M; SILVEIRA, M. L; VENDRAMINI, J. M. B; RECHCIGL, J. E; SOLLENBERGER, L. E; e CHRYSOSTOME, M. Enhancing Phosphorus Phytoremediation Potential of Two WarmSeason Grasses with Nitrogen Fertilization. **Agron J.** 101:1345-1351. 2009.

NEWMAN, Y. C; FERRELL, J. A; BLOUNT, A. R; SOLLENBERGER, L. E. 2008. **Seeding rate and cultivar effect on bahiagrass establishment**. p. 209. In 21st Int. Grassl. Cong., 21st, Hohhot, China. June 25-Jul 5<sup>th</sup>.

NEWMAN, Y. C; VENDRAMINI, J; BLOUNT, A. Bahiagrass (*Paspalum notatum*): Overview and Management. **EDIS Publication SS-AGR-332**. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/ag342> Department of Agronomy>, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL. 2010. Acesso em: 10 mai. 2016.

OLIVEIRA, I. R. H; SANTOS, C. R. B; RODRIGUES, M. A. L. Desenvolvimento de um aplicativo Android para monitoramento microcontrolado do nível de um reservatório de água residencial em tempo real, in: XII CEEL – CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA. Anais... Uberlândia: UFU, 2014, 06p.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: Deflor, 2005. 84p.

PIMENTEL JÚNIOR, A. C. N. **Monitoramento integrado em aterro sanitário com codisposição de resíduos sólidos industriais não inertes: experiência no município de Limeira – SP**. 1998. 98 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

QUEIROZ, L. M; AMARAL, M. S; MORITA, D. M; YABROUDI, S. C; SOBRINHO, P. A. Aplicação de processos físico-químicos como alternativa de pré e pós-tratamento de lixiviados de aterros sanitários. **Eng Sanit Ambient.** v.16 n.4, 403-410, 2011.

REINERT, D.J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L.E. & GRIFFITH, J.J., eds. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.163-176.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; V. ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-5<sup>a</sup> Aproximação**: Viçosa, MG, 1999. 359 p.

SILVA, W. T. P; SANTOS, A. A; GOMES L. A; MUSIS, C. R. Quota per capita de água, fatores intervenientes e modelagem: estudo de caso para classes socioeconômicas de CuiabáMT. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (2): 219-230, 2008a.

SILVA, W. T. P; SILVA, L. M; CHICHORRO, J. F. Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo *per capita* de água em Cuiabá. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. vol.13, n.1, pp. 8-14. ISSN 1413-4152. 2008b.

SNELDER, D. J.; BRYAN, R. B. The use of rainfall simulation tests to assess the influence of vegetation density on soil loss on degraded rangelands in the Baringo District, Kenya. **Catena**, 25 (1-4), pp. 105-116. 1995.

SOUZA, C. M. **Recuperação de áreas degradadas em Aterros Sanitários**. 2007, 51p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas. Seropédica, 2007.

TIMMIS, H. **Practical Arduino Engineering**. 1a Ed., Technology in Action, 2011.

WISCHMIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. U.S. Department of agriculture. **Agriculture handbook**. n. 537. 1978.

WUTKE, E. B.; VILA, J. C.; PEREIRA, N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Sucessão de culturas aumenta rendimento do feijoeiro irrigado no Nordeste paulista. <<http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/55/paginas10a13.pdf>>. Campinas. **O Agrônomo**. n. 55. 2003.

ZHOU, Z; SHANGGUAN, Z. The effects of ryegrass roots and shoots on loess erosion under simulated rainfall. **Catena**, nº 70, v. 3, pp. 350–355. 2007.