



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NA RECUPERAÇÃO  
DE SOLO SOB ÁREA DEGRADADA MANAUS-AM**

**RAIMUNDO NONATO DE ABREU AQUINO**

**ANTONIO FÁBIO GUIMARÃES VIEIRA (Prof. Dr.)**

**Orientador**

**MANAUS  
ABRIL 2012**

**RAIMUNDO NONATO DE ABREU AQUINO**

**UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NA RECUPERAÇÃO  
DE SOLO SOB ÁREA DEGRADADA MANAUS-AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Amazônia: Território e Ambiente, Domínios da Natureza na Amazônia, Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**MANAUS  
ABRIL 2012**

Ficha Catalográfica  
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

A657e Aquino, Raimundo Nonato de Abreu

Utilização de espécies vegetais na recuperação de solo sob área degradada Manaus- AM/ Raimundo Nonato de Abreu Aquino. - Manaus: UFAM, 2012.

102f.; il.color.

Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Federal do Amazonas, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Guimarães Vieira

1.Solos degradados 2.Atributos químicos e físicos 3.Processos erosivos I. Vieira, Fábio Guimarães, (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU (1997) 631.85(811.3)(043.3)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**



Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do(a) Senhor(a) **RAIMUNDO NONATO DE ABREU AQUINO**, aluno(a) do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Ciências Humanas e Letras da Universidade Federal do Amazonas, área de concentração em Amazônia: Território e Ambiente, realizada no dia **21 de dezembro de 2011**.

Aos **vinte e um** dias do mês de **dezembro** de **2011**, às **9:00 horas**, no Sala de Audiovisual do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada **“UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NA RECUPERAÇÃO DE SOLO SOB ÁREA DEGRADADA MANAUS-AM”**, sob orientação do(a) Professor(a) Doutor(a) **ANTONIO FÁBIO GUIMARÃES VIEIRA (UFAM/DEGEO)**, do(a) aluno(a) **RAIMUNDO NONATO DE ABREU AQUINO**, em conformidade com o Art. 83 do Regimento Geral de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como parte final de seu trabalho para a obtenção do grau de **MESTRE EM GEOGRAFIA**, área de concentração em **AMAZÔNIA: TERRITÓRIO E AMBIENTE**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: **Professor(a) Doutor(a) ANTONIO FÁBIO GUIMARÃES VIEIRA, Orientador(a)/Presidente (UFAM/DEGEO), Professor(a) Doutor(a) CARLOS ALBERTO NOBRE QUESADA (INPA/RAINFOR) e o(a) Professor(a) Doutor(a) EDUARDO DA SILVA PINHEIRO (UFAM/DEGEO)**. O(A) Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão convidando os membros da Banca e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, o(a) Senhor(a) Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos membros da Banca Examinadora, esta se reuniu onde decidiu, por unanimidade, que o(a) aluno(a) foi **“APROVADO”**. A sessão foi encerrada. Eu, Maria das Graças Luzeiro, Secretária do PPG-GEOG, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim, pelos membros da Banca Examinadora e pelo(a) Mestrando(a). Manaus (AM), **21 de dezembro de 2011**.

**Banca Examinadora**

**Prof. Dr. Antonio Fábio Guimarães Vieira**  
**Orientador/Presidente (UFAM/DEGEO)**  
**Prof. Dr. Carlos Alberto Nobre Quesada**  
**Membro Titular (INPA/RAINFOR)**  
**Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro**  
**Membro titular (UFAM/DEGEO)**

  
**Raimundo Nonato de Abreu Aquino**  
**Mestrando**

**Rubrica**



**Conceito**

**“ APROVADO ”**  
**“ APROVADO ”**  
**“ APROVADO ”**

  
**Maria das Graças Luzeiro**  
**Secretária do PPG-GEOG**

## **Dedicatória**

*À minha esposa Valma Regina Lima de Aquino, pela compreensão por este período de ausência e aos meus filhos Valéria e Raycah, que isso lhes sirva de inspiração.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço às pessoas que participaram na realização desta etapa:

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Fábio Guimarães Vieira, pela orientação e ensinamentos.

À Universidade Federal do Amazonas e ao Programa de Pós Graduação em Geografia pela oportunidade oferecida na melhoria dos meus conhecimentos.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, por me ter liberado para que pudesse me qualificar.

A Secretaria Municipal de Educação – SEMED, por ter me oferecido condições para aumentar meus conhecimentos e poder repassá-los aos alunos.

A Fundação de Amparo a Pesquisas no Amazonas – FAPEAM, por ter me cedido uma bolsa estudo, a qual me ajudou na condução do meu experimento.

À Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, por ter cedido a área para instalação do experimento e ao coronel RodolphoHyssaAbraham, aos senhores Rogério de Oliveira Bandeira, Eliseu Castro da Silva e ao senhor Aluizio (Diretor Presidente do Jornal do Comercio).

Ao Prof. Dr. Jean Dalmo de Oliveira Marques por ter me auxiliado nos trabalhos de campo;

A Professora Dra. Edvânia dos Santos Shropfer, pelos auxílios e contribuições aos testes de infiltração; e ao Prof. Dr. Afrânio Neves pelas explicações e contribuição ao trabalho;

Ao pessoal do Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP/INPA, José Edivaldo, Orlando Ferreira Cruz Júnior, Jonas Filho, Raimundo, Marcelo pelo apoio;

Aos amigos da turma de graduação e do mestrado de 2009 e 2010; 2010 e 2011; e 2011 e 2012 do PPG-GEOG, em especial ao Charles, Joylgon, Silvana, Alcinéia de Jesus, Armando Brito da Frota Filho, Jessyca, Regiane Campos e a Adriana Vieira, pela amizade e auxílio ao longo do curso de pós-graduação;

Ao pessoal do Laboratório de Microbiologia/INPA, Doutor Luis Augusto Gomes de Souza Gomes, Adilson Rodrigues Dantas, Manuel Paulino da Costa Filho e Manuel Cursino Lopes pelo apoio dado para o desenvolvimento deste trabalho;

À professora doutora Suely Costa do INPA, pela ajuda dada nos trabalhos relativos aos dados estatísticos;

Ao senhor Amarildo Figueiredo por ter cedido fotos que mostram a área no início da construção da Siderama;

Aos técnicos do INPA, Francisco Quintiliano Reis, Lourival Quintiliano Reis e Basílio Pinto Reis, que me ajudaram na identificação das espécies;

Aos amigos de infância que me auxiliaram nas coletas de campo: Antonio (xoxo), Ronaldo (Chia), Cristovão, Gerson, Igor, Junior, Leo, Renato e Sérgio (cunhados); ao meu amigo Huelinton Ferreira pelo apoio dado em todos os momentos; a Regina Marques da Costa CTIN/INPA, pela formatação deste trabalho; ao meu pai José Thomaz de Aquino, pelos ensinamentos dados; aos meus irmãos e em especial ao Oberdan, pelo apoio incondicional; a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso desta jornada; e, sobretudo a **Deus** por colocar todas essas pessoas no meu caminho para tornar tudo isso possível.

## RESUMO

Na região amazônica uma imensidão de floresta vem sendo derrubada para diversos tipos de uso, como a utilização da madeira para confecção de móveis, para abertura de estradas, construção de cidades, para pastagens, entre outras utilizações. Isso tem deixado os solos desta área ação direta de diversos tipos de processos, entre estes o desgaste excessivo do solo, o que causa impactos, muitas vezes, irreversíveis. Além disso, o solo desta região é susceptível aos processos erosivos quando da retirada da cobertura vegetal e, dependendo da geomorfologia do local a degradação ocorre de forma acelerada, principalmente quando a declividade da encosta é longa. Sendo assim, o êxito inicial na recuperação de um ecossistema degradado, depende das práticas de manejo a serem executadas na área e o tipo de espécie a ser utilizada. Desta forma, pode-se iniciar o restabelecimento dos processos ecológicos e, conseqüentemente, diminuir e até cessar o processo erosivo que se encontra na área geomorfológica. Este estudo compreende avaliação de várias espécies vegetais, com intervenções e técnicas de manejo para melhoramento das propriedades físico-químicas do solo e avaliar o comportamento do crescimento da vegetação sob esta área. O experimento foi conduzido entre os meses de janeiro/2010 a abril/2011, na área pertencente à Superintendência da Zona de Manaus(SUFRAMA), localizada no bairro Vila Buriti, zona Sul de Manaus, AM. O objetivo geral do trabalho foi avaliar o desenvolvimento e eficiência de cinco espécies vegetais: Ingá-de-metro (*Ingá Edulis*), Goiaba de anta (*Bellucia grossularioides*) Guaraná (*Paullinia cupana*) Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e a Leucena (*Leucaena leucocephala*). Os objetivos específicos foram: avaliar as alterações nas variáveis físicas (granulometria, densidade aparente, densidade real, porosidade total, macro e microporosidade resistência à penetração) e químicas (concentração de macro e micronutrientes, pH, H<sub>2</sub>O) do solo; avaliar a capacidade de infiltração de água no solo nas parcelas dos experimentos; monitorar o crescimento das espécies estudadas e avaliar o teor e estoque de nutrientes inserido nas parcelas com vegetação secundária picada (capoeira picada) (C, N, K, P, Ca, Mg, Mn, Fe). Para tanto, antes do plantio das espécies nas parcelas coletou-

se amostras para análise química e física a 20 cm de profundidade nas parcelas. Feito isso, foi incorporado ao solo das parcelas 1, 3, 5 7 e 9, 50 kg de biomassa vegetal (capoeira picada) a cada 4 meses pelo período de 1 ano e nas parcelas 2, 4, 6, 8 e 10, nenhum tipo de material foi inserido nestas parcelas (parcela controle). Após a instalação (30 dias após) foram realizadas às medidas alométricas (diâmetro a 10 cm do solo, altura e tamanho de copa). Foram realizados testes de infiltração e de resistência à penetração. Após a coleta de todos os dados no período de um ano, observou-se que as parcelas 5 e 6 e 9e 10, ingá e leucena, respectivamente, foram as que tiveram melhor desempenho (altura, diâmetro e tamanho de copa), as espécies goiaba de anta, cupuaçu e guaraná não conseguiram resistir às condições ambientais. A biomassa vegetal (capoeira picada) teve efeito significativo (quando comparada as parcelas controles) contribuíram para a melhoria da fertilidade do solo, da sobrevivência de algumas espécies e na regeneração natural, proporcionando maior capacidade para exercer as funções. Os resultados permitiram concluir que o êxito inicial na recuperação de um solo degradado por processos erosivos depende das práticas de manejo efetuadas no sítio e do uso de espécies que tenham um crescimento rápido e com isso, possam dar maior cobertura ao solo exposto e favorecendo condições ideais. Portanto, tanto a ingá quanto a leucena são espécies vegetais indicadas para ambientes degradados, assim como a capoeira picada.

**Palavras-chave** – solos degradados, atributos químicos e físicos, processos erosivos.

## ABSTRACT

In the Amazon region, a major part of the forest have been overthrow for different uses, such as the use of wood to confection of furniture , to create new roads, build cities, pasture and other uses. Those actions made the soil suffers the direct actions of many tips of process among of these are the abusive wear of the soil, which causes impacts, that can be irreversible furthermore, the soil of those regions are susceptible to erosive process when there is the takeover of the vegetation and depending of the local geomorphology the degradation happens faster, especially when the steepness of the slope is long. Therefore, the initial success in the recovery of a degraded ecosystem depends of the management to be executed in the area and the species to be used. Knowing this, the re-establishment of the ecological process and eventually the full recovery, reducing the erosive process. This study comprehends a evaluation among several vegetable species, with interventions and management tactic to improve the physic-chemistry propriety of the soil and evaluate the growth behavior of the vegetable species in the area. This experiment was realized between the months of January/2010 to April/2011, in the area belonged to Zone SuperintendenceofManaus (SUFRAMA) localized in the neighbor *Vila Buriti*, south zone of Manaus, AM. The main goal of this project was to evaluate the development and the efficiency of five vegetable species: Ingá-de-metro (*Ingá Edulis*), Goiaba de anta (*Bellucia grossularioides*) Guaraná (*Paullinia cupana*) Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e a Leucena (*Leucaena leucocephala*). The secondary goals were: evaluate the alterations in the physics variables (particle size, bulk density,true density, total porosity, macro and micro penetration resistance) and chemical(concentration ofmacroand micronutrients, pH, H<sub>2</sub>O) in the soil; evaluate the water infiltration capacity in soil in the plots of the experiment; monitor the growth of the species and evaluate the quantity and the stock of nutrients inserted in the plots with secondary vegetationchopped(minced poultry) (C, N, K, P, Ca, Mg, Mn, Fe).. Initially, before the plantation of the species, were collected some samples to realize the chemistry and physics analyze, at 20 cm of depth in each plot. With this done, were incorporated on the soil of the plots 1,3,5,7 and 9, 50 kg of minced

poultry, every 4 months for the period of 1 year and in the plots 2,4,6,8 and 10, any kind of material were inserted (control plots). After the installation (30 days after) were realized the allometric measures (diameter 10 cm of soil, height and cup size). Infiltration and resilience tests were done. After the collect of data in the period of 1 year, then observed that the plots 5 and 6 and 9 and 10, inga and leucena, respectively, had the best development, the species goiaba de anta, cupuaçu, e guarana did not resist in those conditions. The minced poultry shown a positive effect, collaborating to the improve of the soil fertility, the survive of some species and the natural regeneration, enabling a better capacity to make its own functions. The results allows accomplish that the initial success in the recovery of a degraded soil for erosive process depends of the management practices realizes in the site and the use of species with a fast growth and with that, can give a coverage to the soil. Thus, the species inga and leucena are indicated to degraded environmental such as minced poultry.

**Key-words:** Degraded soil; chemistry and physics attribute; erosive process.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Localização da área de estudo .....	<b>24</b>
<b>Figura 02</b> –Local com vegetação no início da construção da SIDERAMA .....	<b>25</b>
<b>Figura 03</b> – Imagem de satélite do Quick BIRD. 2007 .....	<b>26</b>
<b>Figura 04</b> – Área degradada antes do início do experimento .....	<b>26</b>
<b>Figura 05</b> –Diagrama dos mecanismos de degradação .....	<b>32</b>
<b>Figura 06</b> – Ingá de metro ( <i>Inga edulis</i> Martius) .....	<b>51</b>
<b>Figura 07</b> – Goiaba de anta ( <i>Bellucia grosularioides</i> ) .....	<b>52</b>
<b>Figura 08</b> – Guaraná ( <i>Paullinia cupana</i> HBK) .....	<b>53</b>
<b>Figura 09</b> – Cupuaçu ( <i>Theobroma grandiflorun</i> (Willd ex spreng) Schum) .....	<b>54</b>
<b>Figura 10</b> – Leucena ( <i>Leucaena leucocephala</i> (LAM) R. de Wit) .....	<b>55</b>
<b>Figura 11</b> – Covas sendo abertas manualmente .....	<b>56</b>
<b>Figura 12</b> – Parcela que recebeu capoeira picada .....	<b>56</b>
<b>Figura 13</b> – Trado Holandês para coleta das amostras de solo .....	<b>57</b>
<b>Figura 14</b> – Solo em bandejas de plástico para secagem na casa de vegetação .....	<b>57</b>
<b>Figura 15</b> – Provetas após serem agitadas aguardando o tempo de decantação para coleta do material em suspensão .....	<b>59</b>
<b>Figura 16</b> – Análise de densidade real (DR) .....	<b>59</b>
<b>Figura 17</b> – Material utilizado para coleta de densidade aparente .....	<b>60</b>
<b>Figura 18</b> – Desenho esquemático mesa de tensão .....	<b>61</b>
<b>Figura 19</b> – Penetrômetro de impacto modelo .....	<b>63</b>
<b>Figura 20</b> – Cilindro de Copecky .....	<b>64</b>
<b>Figura 21</b> – Espectrofotometria de absorção atômica ( EAA) .....	<b>65</b>
<b>Figura 22</b> – Espectrofotômetro UV – VIL (660nm) para leitura de fósforo (P) ...	<b>66</b>

<b>Figura 23</b> – Potenciômetro para determinação de pH .....	<b>66</b>
<b>Figura 24</b> – Equipamento VARIOMAX – Analisador de carbono e nitrogênio .....	<b>67</b>
<b>Figura 25</b> – Material vegetal (galhos e folhas) retirado do entorno da área .....	<b>68</b>
<b>Figura 26</b> – Material vegetal (galhos e folhas) após serem cortados e inseridos nas parcelas .....	<b>68</b>
<b>Figura 27</b> – Saco de ráfia e balança manual de 50 kg .....	<b>69</b>
<b>Figura 28</b> – Material vegetal sendo pesado em balança de precisão ainda em campo .....	<b>70</b>
<b>Figura 29</b> – Permeâmetro de Guelph sendo instalado para coleta de dado .....	<b>72</b>
<b>Figura 30</b> – Paquímetro digital .....	<b>74</b>
<b>Figura 31</b> – Distribuição das espécies nas parcelas na área de estudo .....	<b>75</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01</b> – Velocidade de infiltração na parcela 1 com adição de capoeira picada .....	<b>86</b>
<b>Gráfico 02</b> – Velocidade de infiltração na parcela 7 com adição de capoeira picada .....	<b>86</b>
<b>Gráfico 03</b> – Velocidade de infiltração em vegetação secundária na SIDERAMA, Manaus .....	<b>86</b>
<b>Gráfico 04</b> – Desenvolvimento em diametro de duas especies florestais (Inga e Leucena) plantadas em area degradada avaliada ao longo de 12 meses após plantio. O diametro foi mensurado a 10 cm do solo. (A) crescimento em diâmetro de Inga e Leucena a 10 cm do solo.(B) influência da biomassa vegetal (capoeira picada) no crescimento em diâmetro a 10 cm do solo .....	<b>89</b>
<b>Gráfico 05</b> – Desenvolvimento em altura de duas especies florestais (Inga e Leucena) plantadas em area degradada avaliada ao longo de 12 meses após plantio. A altura foi mensurada ao nível do solo. (A) altura em cm de Inga e Leucena. (B) influência da biomassa vegetal (capoeira picada) no crescimento em altura da ingá e leucena .....	<b>89</b>
<b>Gráfico 06</b> – Desenvolvimento em altura de duas especies florestais (Inga e Leucena) plantadas em area degradada avaliada ao longo de 12 meses após plantio. A altura foi mensurada ao nível do solo. (A) altura em cm de Inga e Leucena. (B) influência da biomassa vegetal (capoeira picada) no crescimento em altura da ingá e leucena .....	<b>90</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> - Arranjo das mudas em cada parcela .....	<b>56</b>
<b>Quadro 02</b> – Fórmula da densidade de partículas (Dp) .....	<b>60</b>
<b>Quadro 03</b> – Fórmula da Densidade aparente (Da) .....	<b>61</b>
<b>Quadro 04</b> – Fórmula da Porosidade total (Pt) .....	<b>62</b>
<b>Quadro 05</b> – Fórmula para cálculo de microporosidade .....	<b>62</b>
<b>Quadro 06</b> – Fórmula para cálculo para macroporosidade .....	<b>62</b>
<b>Quadro 07</b> – Modelo não linear do tipo potência .....	<b>73</b>
<b>Quadro 08</b> – Desempenho de velocidade de infiltração em três pontos na SIDERAMA Manaus-AM .....	<b>88</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> –	Análise granulometria e classificação textural de um Latossolo amarelo distrófico degradado, localizado na SIDERAMA em Manaus – AM .....	<b>77</b>
<b>Tabela 02</b> –	Densidade Real, Densidade Aparente, Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade de um Latossolo Amarelo distrófico em Manaus – AM .....	<b>78</b>
<b>Tabela 03</b>	Mpa (Mega pascal) na profundidade de 0,0 a 0,30cm em 12 – parcelas em Manaus – AM .....	<b>80</b>
<b>Tabela 04</b>	Limites de classes de resistência de solos a penetração e – grau de limitação ao crescimento das raízes .....	<b>81</b>
<b>Tabela 05</b>	Resultados das análises químicas de um Latossolo amarelo distrófico (LAd) antes da instalação do experimento em Manaus – AM .....	<b>83</b>
<b>Tabela 06</b>	Resultados das análises químicas de um Latossolo amarelo distrófico (LAd) depois da instalação do experimento em Manaus – AM .....	<b>83</b>
<b>Tabela 07</b>	Análise comparativa das médias encontradas nas parcelas – antes do plantio e os valores encontrados com adição de capoeira picada nas parcelas 1,3,5,7,9 .....	<b>84</b>
<b>Tabela 08</b>	Análise química do material vegetal misto (capoeira picada) – inserido nas parcelas 1,3,5,7,9 .....	<b>84</b>
<b>Tabela 09</b>	Características químicas do solo das parcelas antes e após – o experimento de adição de capoeira picada em Manaus – AM	
<b>Tabela 10</b>	Classificação dos solos segundo a infiltração básica (REICHARDT, 1990) .....	<b>87</b>
<b>Tabela 11</b>	Atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrófico em – quatro parcelas de um experimento, Manaus – AM .....	<b>88</b>

## LISTA DE SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT
- EIZOF** – Entrepósito Internacional da Zona Franca de Manaus
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INPA** – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- LTSP** – Laboratório Temático de Solos e Plantas
- SER** – Society for EcologicalRestoration.
- SIDERAMA** – Companhia Siderúrgica do Amazonas
- SIGLAB** – Laboratório de Informação Geográfica
- SUFRAMA** – Superintendência da Zona Franca de Manaus
- UFAM** Universidade Federal do Amazonas

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE GRAFICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>16</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>24</b>
1.1 Localização .....	24
1.2 Histórico da área .....	25
1.3 Aspectos físicos da área.....	26
<b>CAPÍTULO II – REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>29</b>
2.1 Área degradada .....	30
2.2 Recuperação, Reabilitação e Restauração .....	34
2.2.1 Recuperação .....	35
2.2.2 Reabilitação .....	35
2.2.3 Restauração.....	36
2.3 Manejo do solo e técnicas na recuperação de áreas degradadas.....	36
2.4 Seleção de espécies de plantas e recomposição da vegetação na recuperação de solo degradado por erosão .....	38
2.5 Biomassa vegetal (capoeira picada) na recuperação de solo degradado .....	39
2.6 Caracterização física de solos degradados no meio urbano de Manaus .....	40
2.7 Caracterização química e hídrica de um Latossolo amarelo distrófico em Manaus, Amazonas.....	44
2.8 Características hídricas de um Latossolo Amarelo distrófico (Lad).....	46
2.9 Monitoramento de espécies florestais e frutíferas na recuperação de solo degradado por processos erosivo na cidade de Manaus.....	48
<b>CAPÍTULO III – MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>50</b>
3.1 Metodologia .....	50

3.2 Caracterização das espécies utilizadas .....	51
3.2.1 Ingá-de-metro ( <i>Ingá Edulis</i> Martius) .....	51
3.2.2 Goiaba de anta ( <i>Bellucia Grossularioide-Triana</i> ).....	51
3.2.3 Guaraná ( <i>Paullinia Cupana</i> HBK) .....	52
3.2.4 Cupuaçu ( <i>Theobroma Grandiflorum</i> ) .....	53
3.2.5 Leucena ( <i>Leucaena Leucocephala</i> (lam) R. de Wit) ..	54
3.3 Instalação do experimento .....	55
3.4 Caracterização física .....	57
3.4.1 Coleta e análise para caracterização dos atributos físicos do solo .....	57
3.4.2 Análise granulométrica .....	58
3.4.3 Densidade Real (DR) .....	59
3.4.4 Densidade Aparente (DA) .....	60
3.4.5 Porosidade, Macroporosidade e Microporosidade.....	61
3.4.6 Porosidade Total ( Pt) .....	62
3.4.7 Resistência a penetração e umidade do solo .....	62
3.5 Caracterização química e hídrica de um Latossolo Amarelo distrófico em Manaus, Amazonas .....	64
3.6 Biomassa de resíduos vegetais (capoeira picada).....	67
3.7 Determinações do teor e estoque de nutrientes na composição da capoeira picada (C, N, K, P, Ca, Mg, Mn, Fe).....	69
3.8 Caracterização dos atributos hídricos do solo .....	71
3.8.1 Avaliação da capacidade de infiltração da água no solo .....	71
3.9 Monitoramento de espécies florestais e frutíferas na recuperação de solo degradado por processos erosivo na cidade de Manaus .....	73
<b>CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>77</b>
4.1 Granulometria .....	77
4.2 Densidade Real (DR) .....	77
4.3 Densidade do solo (DS) ou Densidade Aparente (DA)..	78
4.4 Porosidade microporosidade e macroporosidade.....	79
4.5 Resistência a compactação.....	80
4.6 Caracterização química do solo e determinações do teor e estoque de nutrientes na composição da capoeira picada (C, N, K, P, Ca, Mg, Mn, Fe).....	81
4.7 Características hidráulicas de um Latossolo Amarelo distrófico.....	88
4.8 Medidas alométricas das espécies monitoradas.....	88
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>92</b>

**REFERÊNCIAS..... 95**

## INTRODUÇÃO

A maioria dos distúrbios que ocorrem em diversas partes do mundo, têm efeito direto ou indireto no ambiente, podendo ter origem natural ou antrópica. Os danos naturais incluem ressecamento do clima atmosférico, erosão e invasão natural de plantas ou animais nocivos, entre outros. Por outro lado, os danos antrópicos como os desmatamentos ou remoção da vegetação, atividades agrícolas, atividades industriais que causam a poluição do solo, por exemplo, vêm mudando de forma acelerada o espaço geográfico, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil.

Segundo Gonçalves *et al.* (2003), com a industrialização e urbanização no Brasil houve uma rápida e desordenada ocupação das cidades, resultando em extensas áreas urbanas com solos degradados. Os autores relatam que o resultado deste crescimento intensificou a exploração de terra para fins agrícolas, pastoril e de mineração, com grandes danos ao ambiente, particularmente, a degradação do solo.

A degradação do solo é um desses problemas que vêm chamando a atenção de alguns estudiosos do mundo inteiro. Para Mafra (1999), o uso do solo, principalmente por atividades ligadas a produção de alimentos e outros bens de consumo têm levado a uma degradação progressiva não só do próprio solo, como do ambiente como um todo.

No Brasil, o processo de degradação do solo teve início desde o período colonial com o ciclo do pau-brasil (*Caesalpiria echinata*), século XVI e posteriormente o ciclo do açúcar (século XVI e XVII) e do ouro (XVII e XVIII) além do ciclo do café (século XIX e XX). Extensas áreas, em grande parte com encostas íngremes, eram desmatadas e queimadas (GONÇALVES *et al.*, 2003). Desta forma, observa-se que o mau uso do solo nas diversas regiões brasileiras ao longo de sua história vem contribuindo com este processo de degradação.

Manaus, não é diferente das demais cidades brasileiras, pois desde sua fundação vem passando por mudanças radicais como a expansão e o crescimento populacional isso leva a retirada da vegetação o qual dá lugar a loteamentos e ocupações, resultado disso e o aparecimentos sulcos, ravinas e voçorocas (VIEIRA,

2008). Além disso, percebe-se o descaso por parte dos governantes quando se trata de um investimento nas áreas onde ocorre este tipo de situação.

Fato esse comprovado por Vieira (2008) quando estudou a distribuição dessas feições erosivas e identificou que as origens dessas estão principalmente relacionadas às características do relevo combinadas com o uso do solo e com características dos sistemas de drenagem pluvial.

Neste sentido, a vegetação é o primeiro ponto a ser observado tanto em áreas rurais como nas áreas urbanas, esses danos são evidenciados. No entanto, isso se deve ao uso e manejo inadequado do solo sendo estas as mais importantes causa de degradação, sem levar em conta os limites e riscos impostos pela natureza, causando sérios problemas de degradação ambiental e prejuízos econômicos e sociais as comunidades urbanas e rurais (KIEHL, 1979; PRIMAVESI, 1988; ENGEL e PARROTA *apud* KAGEYAMA *et al.*, 2003; ARAÚJO *et al.*, 2008; VIEIRA, 2008; GUERRA *et al.*, 2011).

Conforme Pereira (2008), a vegetação vem sendo utilizada na engenharia a séculos, tanto no controle de processos erosivos como na proteção e reforço em obras civis. Para Araújo *et al.* (2008), os benefícios protetores ou estabilizadores da vegetação dependem das características desta e do tipo de processo de degradação da encosta. Pereira (2008) afirma que a escolha correta das espécies e respectivas quantidades é fator decisivo no estabelecimento da vegetação e proteção contra os processos erosivos e, outras formas de degradação do solo.

Os processos erosivos são intensificados pela exposição direta do solo ao contato com a água das chuvas e pela mineralização da matéria orgânica, seguido de lixiviação, sendo o principal processo que remove os nutrientes do solo, especialmente nas condições de alta pluviosidade que predomina em toda região amazônica (WADT *et al.*, 2003).

Conforme Moreira (2004), as principais ações para que áreas degradadas possam voltar a ser produtivas consistem no desenvolvimento e estabelecimento de sistemas de manejo do solo seguido da revegetação. Desta forma o estudo do solo é de fundamental importância para ambientes impactados, o qual após entendido pode-se elaborar ações mais consistente para melhoria do ambiente.

É neste sentido, que Gomes-Pompa e Wiechers (1979) *apud* Moreira (2004) apontam os estudos sobre solos como ponto relevante para a regeneração dos ecossistemas tropicais e subtropicais. Alguns aspectos específicos devem ser mencionados como a regeneração e sucessão ecológica, rotação e consorcio de culturas, sistemas agroflorestais, agricultura orgânica e educação ambiental (KOBAYAMA *et al.*, 2001).

Tanto em áreas rurais quanto em urbanas é facilmente observado alteração no solo. No ambiente urbano da cidade de Manaus, devido ao mau uso do solo para construção de moradias, galpões para instalação de indústrias, ruas e outras formas de ocupação tem causado sérias consequências a paisagem, afetando direta ou indiretamente o ambiente e conseqüentemente a população menos favorecida.

Este mau uso do solo faz com que parte da vegetação seja retirada deixando o solo exposto às diversidades da natureza, principalmente aos altos índices pluviométricos que ocorrem na cidade e isso aliado ao tipo de solo causa sérios impactos. Segundo Moreira (2004), três características do solo são afetadas com a degradação: perda da camada superficial, alteração da estrutura e perda da matéria orgânica (características observadas também na área de estudo).

Sendo assim, o conhecimento do solo por meio de seus atributos químicos e físicos e seu manejo é de fundamental importância na recuperação de áreas degradadas, feito isso, inicia-se o restabelecimento dos processos ecológicos. As intervenções devem visar o uso temporal da área, isto significa que concomitante a utilização do espaço para qualquer tipo de obra deve ser avaliada as condições do relevo e do solo e, essa avaliação deve ser feita do ponto de vista econômico, social e ecológico do espaço geográfico.

O que se observa na área de estudo aqui escolhida para implementação do experimento é o alto grau de degradação do solo, influenciado, pelo mau uso do solo devido à retirada da cobertura vegetal deixando o solo exposto aos diversos tipos de degradação química (baixo teor de macro e micronutrientes), física (alta densidade, alto grau de resistência a penetração de raízes, baixa capacidade hídrica devido a classificação textural deste solo, além de outros atributos) e biológica (baixa atividade da fauna devido a diminuição da capacidade de produção de biomassa vegetal) que ocorrem no solo.

Portanto, este trabalho tem por objetivo geral avaliar o desenvolvimento e eficiência de cinco espécies vegetais: Ingá-de-metro (*Ingá edulis*), Goiaba de anta (*Bellucia grossularioides*) Guaraná (*Paullinia cupana*) Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e a Leucena (*Leucaena leucocephala*) na recuperação de área degradada na Vila Buriti, Manaus, AM.

Os objetivos específicos, como: caracterizar física, química e hidricamente o solo; monitorar o crescimento das cinco espécies estudadas nas parcelas; avaliar o teor e estoque de nutrientes nas parcelas monitoradas com e sem adição de capoeira picada (C, N, K, P, Ca, Mg, Mn, Fe).

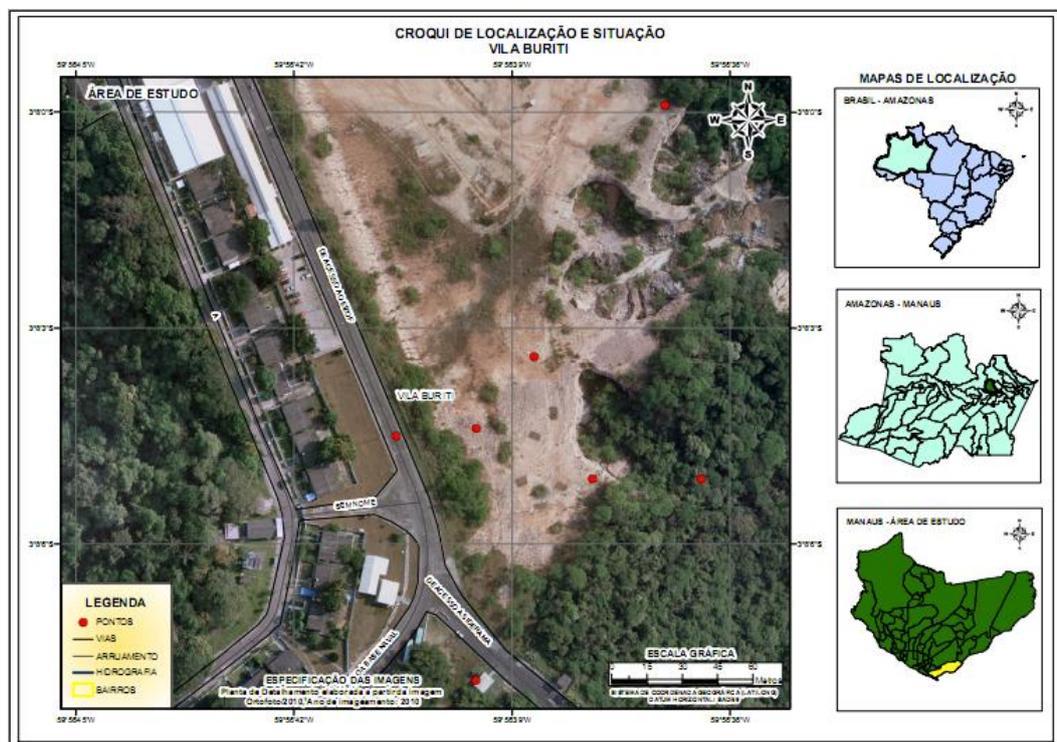
Pautado na identificação do problema e dos objetivos traçados, o presente trabalho está fundamentado na seguinte hipótese: as espécies vegetais juntamente com a biomassa vegetal (capoeira picada) contribuem para a melhoria da fertilidade do solo proporcionando maior aeração, maior capacidade de infiltração dando condições potenciais do solo para que as espécies possam desenvolver-se em ambiente ao qual foram expostas, com isso minimizar os efeitos dos processos erosivos ali existentes.

Assim, o presente estudo visa apresentar uma alternativa de manejo do solo em área degradada pela ação antrópica. Desta forma, este trabalho busca avaliar a eficiência de espécies vegetais na recuperação de área degradada, e com isso identificar qual ou quais as espécies mais apropriadas para ambientes impactados e assim contribuir também para o controle da erosão pluvial. Bem como, avaliar e discutir a eficiência das medidas adotadas para a recuperação da área, principalmente no que se refere a diminuição dos escoamentos superficiais e conseqüentemente minimizar os efeitos da erosão.

## CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 1.1 Localização da área de estudo

O trabalho foi realizado numa área que pertencia a Companhia Siderúrgica do Amazonas (SIDERAMA), hoje pertencente à Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), onde funciona um Entrepósito Internacional da Zona Franca de Manaus - EIZOF, localizado no bairro Vila Buriti, na Zona Sul de Manaus nas coordenadas: S 03°08'05,1' e W 059° 56'36,4", S 03° 07'59,9" e W 059° 56'36,9" S 03° 08' 03, 4" e W 059°56'38,7" S 03° 08'07,0" e W 059° 56'39,5", S 03° 08' 04,4" e W 059° 56' 39,5", S 03° 08' 04,5" e W 059° 56'40,6' (**Figura 1**).O solo da área foi caracterizado como Latossolo Amarelo distrófico. A declividade da área experimental fica entre 0° e 4°. Após a instalação da siderúrgica algumas áreas do entorno perderam a cobertura vegetal, o que deixou o solo exposto à ação do clima e que conseqüentemente iniciou os processos erosivos, dando origem a incisões erosivas, com destaque para a voçoroca.



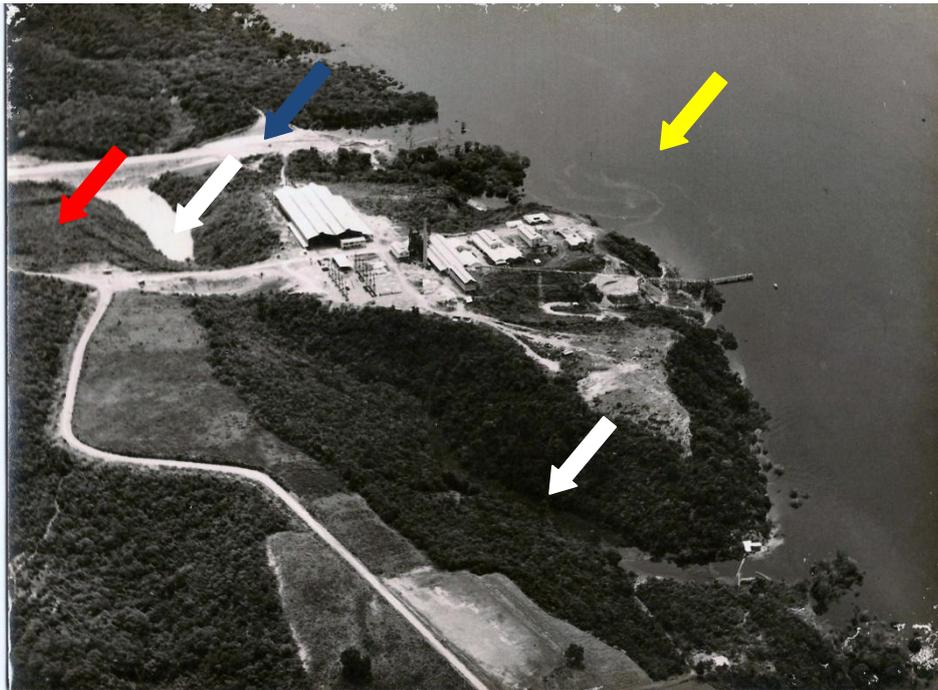
**Figura 1:** Croqui de localização da área de estudo e situação – Vila Buriti.

**Imagem:** Ortofoto 2010

**Organização:** Karoliny Felix Vidal(2012).

## 1.2 Histórico da área

Em meados dos anos 70 a área foi desmatada e o solo superficial removido. Em seguida a área foi terraplanada e compactada para construção e instalação da siderúrgica, sendo uma parte utilizada para as construções e a outra ficou descoberta e em seguida abandonada (**Figura 2**). Devido ao alto grau de compactação do solo e baixos teores de nutrientes, não houve o estabelecimento de uma vegetação secundária. Nas partes mais baixas do terreno formaram-se voçorocas, tornando o local altamente degradado, com escoamento superficial ocasionado pela drenagem da área desmatada (VIEIRA, 2008). Verificou-se uma tentativa de conter a erosão nas proximidades dos prédios plantando bambu (*Bambusoideae*), porém, com o abandono da área principalmente, onde o solo ficou exposto os processos erosivos se intensificaram (**Figuras 3 e 4**).



**Figura 2.** A seta vermelha indica o local ainda com vegetação no início da construção da SIDERAMA. Seta azul estrada BR 319. Seta amarela indica o Rio Negro e as setas brancas indicam o braço do rio que ali existia (foto do ano 1979, autor desconhecido).



**Figura 3:** Retângulo indicando a área de estudo. Imagem de satélite do Quick BIRD, 2007. SIGLAB-INPA (Manaus – AM).



**Figura4:** Área degradada antes do início do experimento. Nota-se a superfície coberta por crostas. Setas vermelhas indicando voçorocas.  
**Fonte:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, dezembro/2009.

### 1.3 Aspectos físicos

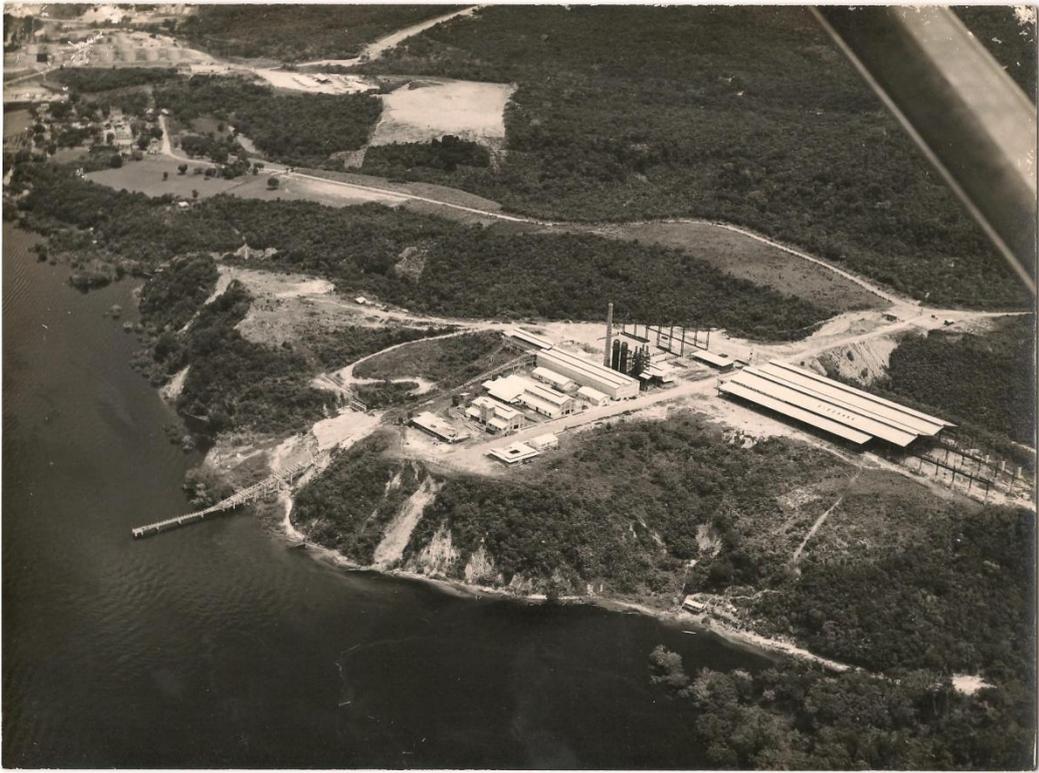
Geologicamente, Manaus está inserida na formação Alter do Chão (VIEIRA, 2008), sendo a unidade mais representativa da região e sua unidade está constituída por arenitos finos a médios, com níveis argilosos, caulíníticos,

inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos, com estratificação cruzada e plano-paralela (SILVA, 2005) que está inserida na extensa cobertura sedimentar Fanerozóica, (REIS *et al.*, 2006).

A geomorfologia de Manaus segundo Ross (2000), está inserida no Planalto da Amazônia Oriental, o qual apresenta intensa atuação de processos erosivos, com uma altimetria não ultrapassando os 120 metros e é classificado, localmente, como interflúvio tabular, cortado por uma rede de canais (igarapés) (VIEIRA, 2008). O referido autor destaca que o sítio urbano de Manaus apresenta como principal característica os interflúvios tabulares (platôs), os quais terminam em encostas côncavas, convexas a retilíneas.

O clima local pode ser classificado como Af (clima tropical chuvoso), com temperatura dos meses superior a 18°C; as chuvas anuais superam os 750 mm e é contínua todos os meses (KOEPPEN, 1948). Em Manaus, duas classes de solo podem ser mais facilmente evidenciadas: os Latossolos e os Espodossolos (VIEIRA, 2008). Segundo a classificação da EMBRAPA (2006), o Latossolo apresenta horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm; se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura e são solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA); solos apresentando baixa saturação por bases (Índice de Saturação por Bases  $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) que o caracteriza como Latossolo Amarelo Distrófico, de textura argilosa.

O tipo de vegetação que predomina no sítio urbano de Manaus é do tipo Floresta Ombrófila Densa (BOHRER e GONÇALVES, 1991). A área do entorno do experimento é constituída basicamente de vegetação secundária em fase de desenvolvimento.



Vista geral da área de estudo na SIDERAMA antes dos processos erosivos.  
**Foto:** autor desconhecido (1979).

## CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de degradação tem sido geralmente associado aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem, principalmente, de atividades ou intervenções humanas (TAVARES, 2008, p. 03). O conceito tem variado conforme a atividade em que esses efeitos são gerados, bem como em função do campo do conhecimento humano em que são identificados e avaliados e de acordo com o uso atribuído ao solo, a definição de degradação pode então variar.

De acordo com Noffset *et al.*, (2000), área degradada pode ser conceituada como um ambiente modificado por uma obra de engenharia ou submetido a processos erosivos intensos que alteraram suas características originais, além do limite de recuperação natural dos solos, exigindo assim, a intervenção do homem para sua recuperação.

Nesse sentido, Dias e Griffith (1998) alertam que a avaliação da extensão de áreas degradadas passa a ser um processo complexo, na medida em que se faz necessário estabelecer claramente o conceito de solo degradado. Segundo Gonçalves *et al.*, (2003), o solo é o substrato primordial dos ecossistemas naturais, sua preservação ou recuperação é imprescindível para o equilíbrio ou restauração ecológica do ecossistema.

Desta forma, toda mudança que o homem impõe aos ecossistemas em diversas partes do mundo tem modificado o espaço geográfico “e os processos de urbanização e industrialização têm tido um papel fundamental nos danos ambientais ocorridos nas cidades” (GUERRA e MARÇAL, 2006). Isso se deve em grande parte ao desenvolvimento tecnológico na agricultura e pecuária, principalmente (DIAS e GRIFFITH, 1998; GONÇALVES *et al.*, 2003).

Segundo Guerra e Marçal (2006), o crescimento rápido e desordenado que tem ocorrido em muitas cidades, em especial nos países em desenvolvimento causa uma pressão significativa sobre o meio físico urbano, claro que isso não ocorre somente no urbano, mas também no meio rural.

Tais mudanças foram observadas primeiramente nas regiões centrais do mundo, como na Inglaterra, França, Holanda e posteriormente nos Estados Unidos e

por fim nas regiões periféricas tropicais como o Brasil, Venezuela, Malásia e demais países que fazem parte destas áreas. Os danos muitas vezes deixados por essas mudanças no espaço geográfico têm levado a um grande número de cientistas a estudar meios de recuperar áreas alteradas.

Por isso, o caráter multidisciplinar das investigações científicas sobre área degradada e sua recuperação tem sido considerado como o ponto de partida do processo de restauração, recuperação e reabilitação de áreas degradadas; termos estes utilizados por diversas áreas do conhecimento.

Apesar de a degradação ambiental vir crescendo ao longo da existência do homem, o termo área degradada é uma denominação recente para as práticas utilizadas em recursos naturais (MOREIRA, 2004).

## **2.1 Área degradada**

Dependendo do campo de atuação, o conceito de área degradada tem variado de acordo com o uso atribuído ao solo, e com a área do conhecimento pela qual está sendo analisada. Assim, surgem alguns conceitos nas mais variadas áreas do conhecimento.

São consideradas áreas degradadas, extensões naturais que perderam a capacidade de recuperação natural após sofrerem distúrbios. A degradação é um processo induzido pelo homem ou por acidente natural que diminui a atual e futura capacidade produtiva do ecossistema (MOREIRA, 2004).

A degradação ambiental, segundo Brienza Junior *et al.*, (1998) refere-se aos danos ou as perdas de populações de espécies nativas animais e/ou vegetais, a qual pode ser considerada também como degradação da biodiversidade.

Neste sentido, pode-se considerar área degradada aquela em que um evento natural diminui a capacidade de produção e reprodução de um ecossistema, ocorrendo também pela ação do homem no ambiente, que leve ao declínio de suas funções de equilíbrio atuais e futura.

No meio urbano, isso é mais facilmente observável, pois o uso intensivo do solo para construção de moradias, ruas entre outros elementos faz com que os

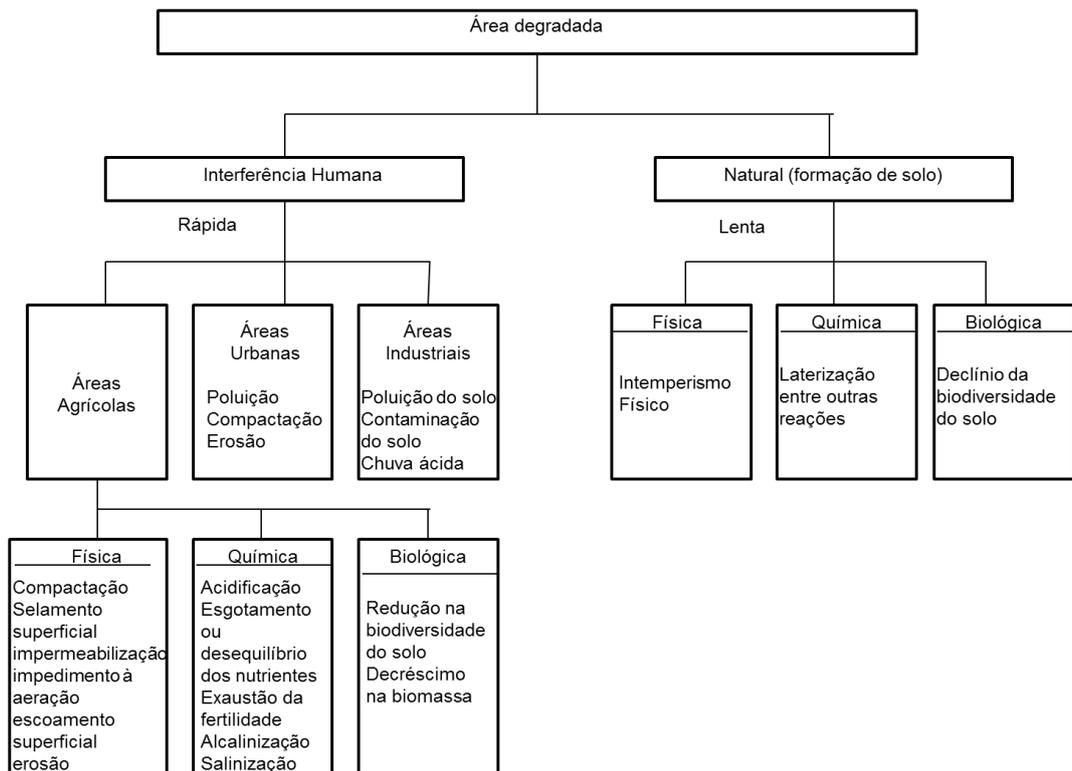
aspectos físicos sejam completamente alterados. Araújo (2008) destaca que as áreas degradadas são:

Extensões naturais que perderam a capacidade de recuperação natural após sofrerem algum tipo de perturbação. Pode também ocorrer por ações antrópicas diretamente sobre o terreno ou indiretamente em razão das mudanças climáticas adversas induzidas pelo homem. Existem diferentes formas de degradação relacionadas aos vários componentes verticais de uma unidade de terra: atmosfera, vegetação, solo, geologia e hidrologia (ARAÚJO, 2008, p. 19).

Desta forma, as áreas atingidas correspondem, quase sempre, a alguma forma de relevo que possua solos e rochas que sofreram algum tipo de degradação, na maioria das vezes pelo uso inadequado do meio físico pelo homem (GUERRA, 2003; GUERRA e MARÇAL 2006).

Segundo Barbosa *et al.*, (2003), áreas degradadas são aquelas onde suas condições edáficas e/ou a riqueza biótica foram reduzidas pela atividade humana a certo grau em que sua habilidade para satisfazer determinado uso tenha declinado.

Kobiyama *et al.*, (2001) “após definirem degradação como processos e fenômenos do meio ambiente, naturais ou antropogênicos que prejudicam às atividades de um ou mais organismos, conceituaram área degradada por meio da entropia (sujeira no sistema, que resulta na desarmonia dos processos envolvidos). Neste sentido, área degradada é aquela que apresenta maior entropia do que ambiente equilibrado” (**Figura 5**).



**Figura 5:** Diagrama dos mecanismos de degradação  
**Fonte:** Dados básicos: Lal (1998) *apud* Kobiyama *et al.*, (2001)

A definição de degradação pode variar com o uso atribuído ao solo. O Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração (IBAMA, 1990) define que:

A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas, a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação das características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento sócio-econômico (p. 49).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da sua NBR10703 (1997), a degradação do solo é apontada como sendo a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais”.

Há diversas formas de degradação ambiental como a que se refere ao solo, uma vez que pode tornar-se “muito mais séria no sentido de que não é facilmente reversível, pois os processos de formação e regeneração de solos são muito lentos” (ARAUJO *et al.*, 2008).

Para Gonçalves *et al.*, (2003), solo degradado é o que sofreu perda parcial ou total de sua capacidade de sustentar o crescimento de plantas e outros organismos e sua recuperação depende de um conjunto de ações. Ainda mais por tratar-se de um processo lento. Este processo deve contemplar, de forma sistêmica, todos os atributos e funções do solo.

Há uma gama de conceitos sobre área degradada: para o agrônomo é visto de uma forma, para o engenheiro civil de outra, para o pedólogo, ecólogo, biólogo, geógrafo, entre outros.

Sobre manejo dos recursos naturais degradados costuma-se observar “o uso de vários termos como recuperação, reabilitação, restauração, regeneração, revegetação, recomposição, entre outros, cujos métodos estendem-se ao manejo e conservação de solos degradados, áreas afetadas por mineração, florestas, pastagens, áreas abandonadas, recursos hídricos e outros” (LIMA, 1994 *apud* MOREIRA, 2004).

De acordo com Dias e Griffith (1998) e Engel e Parrota, (2003), a recuperação de área degradada pode ser entendida como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das diferentes áreas do conhecimento, visando proporcionar o reestabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade, existentes nos sistemas naturais.

Abrahão e Mello (1998) salientam que qualquer plano de recuperação de um terreno consiste no estabelecimento de um horizonte A e com isso, interferir em um ou mais fatores de formação do solo, segundo a definição adotada pela “*Society for Ecological Restoration*” *apud* Engel e Parrota (2003):

Restaurar um ecossistema não é copiar exatamente um modelo na natureza, mas sim recuperar a estabilidade e integridade biológica dos ecossistemas naturais e tem como objetivo recriar comunidades ecologicamente viáveis, protegendo e fomentando a capacidade natural de mudanças dos ecossistemas, e resgatando uma relação saudável entre homem e natureza (p. 6).

Para o IBAMA (1990), a recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com plano preestabelecido para o uso do solo. De acordo com Majer (1989), recuperação é um termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa à obtenção de uma nova utilização

para a área degradada. Este mesmo autor define reabilitação como: “o retorno da área a um estado biológico apropriado. Esse retorno não pode significar o uso produtivo da área em longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro; ou atividades menos tangível em termos monetários, visando à recreação ou a valorização estético-ecológica”.

Numa visão mais holística Doran e Parkin (1994) com um enfoque agrônomo-florestal definem a qualidade do solo como: “a capacidade de um solo funcionar com ecossistema limite para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade do meio ambiente e promover a saúde de plantas e animais”. Contudo, a avaliação dessa qualidade por meio de atributos do solo é bastante complexa devido à grande diversidade de usos (MENDES *et al.*, 2006).

A qualidade do solo é definida como sendo a capacidade desse solo em desempenhar a sua função em um ecossistema para suportar plantas e animais, resistir à erosão e reduzir impactos negativos associados aos recursos água e ar (FONTENELE, 2006). Essa qualidade é atribuída por vários especialistas das diversas áreas do conhecimento como restaurar, recuperar, reabilitar entre outras.

O termo ao qual se referem os diversos especialistas das diversas áreas do conhecimento faz uso das seguintes expressões: recuperar, restaurar e reabilitar.

Segundo Engel e Parrota (2003), “na prática, muitas das técnicas utilizadas na recuperação, reabilitação e restauração são as mesmas. A diferença entre essas abordagens está na definição de metas e objetivos, bem como na escala de tempo adotada com horizonte”.

## **2.2 Recuperação, Reabilitação e Restauração**

Os termos utilizados pela legislação ambiental brasileira deixa dúvidas quanto às definições exatas dos termos recuperação, reabilitação e restauração, que em muitos casos são apontados como diferentes, e em outros, como sinônimos (TAVARES, 2008).

Pode-se dizer que a literatura é relativamente vasta, com contribuições das diferentes áreas do conhecimento. Ressalta-se que os termos recuperação, reabilitação e restauração têm sido usados não apenas nos aspectos que

caracterizam suas execuções, mas principalmente em função dos seus objetivos e metas. Conforme Tavares (2008), os termos se referem ao caminho inverso à degradação e é importante para facilitar a comunicação entre os interessados na escolha do processo a ser adotado na área degradada.

### **2.2.1 Recuperação**

No Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989, em seus artigos 2º e 3º, os quais mencionam o termo degradação e seu objetivo conforme mostra abaixo:

Art. 2º Para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Art. 3º A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.

Fundamentado no decreto acima citado e seus respectivos artigos, o IBAMA diz que: a *recuperação* significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo. Conforme Tavares (2008) implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estáticos e sociais da circunvizinhança, Significa também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

### **2.2.2 Reabilitação**

Segundo Majer (1989) *apud* Dias e Griffith (1998), a reabilitação é o retorno da área degradada a um estado biológico apropriado. No entanto, esse retorno pode não significar o uso produtivo da área em longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro, ou atividades menos tangíveis em termos monetários, visando, por exemplo, a recreação ou a valorização estético-ecológica.

Para Castro (1998), ao analisar alguns aspectos legais relacionado com o termo que melhor se aplica para a legislação vigente foi incisivo em determinar que o termo reabilitação de áreas degradadas. Dias e Griffith (1998) e Castro (1998) afirmam que tanto reabilitar e recuperar são aceitos. Por outro lado, o termo restauração não é recomendado, uma vez que conceitualmente sugere que a área degradada venha a ter as características que antecederam à degradação.

### **2.2.3 Restauração**

Segundo Engel e Parrota (2003), durante algum tempo o termo restauração foi utilizado dentro de seu sentido restrito, significando o retorno ao estado original do ecossistema. Conforme esses autores o conceito de restauração ecológica refere-se à prática e arte de assistir e manejar a integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e no funcionamento dos processos ecológicos.

Conforme a *Society for Ecological Restoration* (SER) (2004), restauração ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Ainda com esta fonte o termo “recuperação” quanto a restauração ecológica um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais. Tal subsistema será capaz de se manter tanto estruturalmente quanto funcionalmente, demonstrará resiliência normal aos limites normais de estresse e distúrbio ambientais, interagirá com ecossistemas contíguos em termos de fluxos bióticos e abióticos e interações culturais.

## **2.3 Manejo do solo e técnicas na recuperação de áreas degradadas**

Em todas as zonas tropicais do mundo procuram-se novos caminhos de preparo do solo, porque ficou evidente que não é o clima quente que impede uma produção adequada da terra, mas, sim, o manejo errado de seus solos (PRIMAVESI, 1988). Para Kageyama e Castro (1989), os problemas da silvicultura tropical são na realidade problemas de como entender e manejar a vegetação sucessional.

Diante desta afirmativa percebe-se que a maioria das áreas degradadas está relacionada à forma como estão sendo manejadas, e para que isso não ocorra se faz necessária a definição clara dos objetivos e metas a serem alcançadas (ENGEL e PARROTTA, 2003).

Um aspecto importante na recuperação de áreas degradadas seja pela mineração ou por qualquer outro tipo de degradação é o conhecimento do solo ou do substrato (MOREIRA, 2004) e seus atributos químicos físicos onde essa recuperação tem que ser conduzida. O referido autor afirma que a influência das propriedades físicas do solo sobre o crescimento e distribuição das espécies arbóreas tem sido reconhecida por pesquisadores em ciência de solos florestais.

Neste sentido, o manejo do solo não pode ser desprezado em detrimento de outros atributos. Assim, o solo não é apenas substrato inerte que reflete a composição do material de origem, mas forma-se e desenvolve-se como resultado do efeito dos fatores ambientais ativos, como clima e vegetação sobre o material, em dado tempo (MOREIRA, 2004).

O solo é o meio principal para o crescimento das plantas, é uma camada de material biologicamente ativo, resultantes das transformações complexas que envolvem o intemperismo de rochas e minerais, a ciclagem de nutrientes e a produção e decomposição de biomassa (ROSSI e POLIDORO, 2008).

Do ponto de vista do manejo e fertilidade do solo, a matéria orgânica e os colóides orgânicos dos solos são de imensa importância para inúmeras propriedades dos solos como: a estabilidade de agregados e estrutura do solo, retenção de água, CTC, reciclagem de nutrientes, dentre outras (FERRAZ *et al.*, 2008).

A presença de nutrientes, a cobertura vegetal, a cor do solo, a presença ou não de rochas, o escoamento superficial das águas após as grandes chuvas e a facilidade de trabalhar o solo são propriedades e/ou características fundamentais para garantir uma boa qualidade e o funcionamento adequado dos solos (ROSSI e POLIDORO, 2008).

Contudo, os aspectos principais que devem ser enfocados com maior intensidade nos projetos de recuperação de áreas degradadas, principalmente com essências nativas, estão à aplicação de técnicas de uso e manejo nestes

ecossistemas, visando a conservação dos recursos naturais de forma que estes não se esgotem e mantenham suas condições de reprodução da vida.

Neste contexto, o manejo compreende um conjunto de práticas aplicadas às áreas destinadas à recomposição vegetal de modo a possibilitar-lhes, de maneira contínua, a manutenção dos processos ecológicos como ciclagem de nutrientes e sucessão (MOREIRA, 2004).

#### **2.4 Seleção de espécies de plantas e recomposição da vegetação na recuperação de solo degradado por erosão**

O processo erosivo do tipo voçoroca, que ocorre na área de estudo deste trabalho, tem causando sérios problemas no que tange aos aspectos físicos e químicos do solo. Problemas como a perda de solo (camadas A e B), a compactação e encrostamento do solo, dentre outros atributos físicos. Quanto aos aspectos químicos observou-se a perda de matéria orgânica, nutrientes como cálcio, potássio, magnésio, ferro, fósforo, etc. Isso tem gerado um alto grau de desestabilização ambiental.

Para melhorar a saúde deste ambiente utilizando espécies vegetais e o uso da adubação com capoeira picada, pode refletir em maiores benefícios às propriedades físico-químicas do solo e ao crescimento das plantas, quando comparada ao método de adubação química convencional (FERREIRA, 2008).

Segundo Pereira (2008), para que isso ocorra é necessário estabelecer a vegetação que permite maior infiltração, menor escoamento superficial e proteção contra erosão laminar. O mesmo autor afirma que a escolha adequada das espécies e respectivas quantidades é fator decisivo no estabelecimento da vegetação e proteção contra os processos erosivos.

Uma das recomendações para projeto de revegetação é o uso de espécies nativas (KAGEYAMA *et al.*, 2003). Para Kageyama e Castro (1989); Kageyama *et al.*, (2003); Pereira (2008) a definição de quais espécies utilizar, a quantidade e qual o sistema a ser empregado é fator primordial para o sucesso de restabelecimento vegetal da área degradada. Além disso, a seleção dependerá muito da condição edáfica da área a ser restaurada, assim como das condições das áreas vizinhas (REIS e KAGEYAMA, 2003).

## 2.5 Biomassa vegetal (capoeira picada) na recuperação de solo degradado

As obras de engenharia apresentam como maior degradação a retirada dos horizontes superficiais (DIAS e GRIFFITH, 1998), é o que é visto na área de estudo deste trabalho, onde foi retirada a cobertura vegetal, o horizonte A e o B deixando exposto o solo às diversas intempéries da natureza.

Em muitas situações de áreas degradadas, a remoção total do solo superficial dificulta o processo de sucessão vegetacional, uma vez que o banco de sementes é removido juntamente com a camada superficial que contém maior volume de nutrientes e matéria orgânica (ÂNGELO *et al.*, 2002). Segundo Abrahão e Mello (1998), o primordial de qualquer estratégia é interferir em um ou mais fatores de formação do solo, com isso, estabelecer condições mínimas para reduzir o processo erosivo e recompor a paisagem com a revegetação.

Uma das formas de se manejar o solo é com adubação verde (capoeira picada), a qual mantém a superfície do solo permanentemente coberta por materiais vegetais em fase vegetativos ou como resíduos, sendo efetivamente o manejo mais recomendado para a proteção e conservação do solo (ALVARENGA *et al.*, 1995).

Conforme Gonçalves (2003), qualquer ação deve se fundamentar em práticas de uso e manejo que evitem a pulverização, a compactação e a ação erosiva das chuvas sobre o solo, visando restaurar suas funções básicas: drenagem, retenção de água e nutrientes em quantidade e disponibilidade adequadas às plantas.

Segundo Alcântara *et al.* (2000), os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre esses fatores.

A adubação verde consiste no emprego de espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo ano (PERIN *et al.*, 2004).



Área de estudo onde foi instalado o experimento, SIDERAMA.  
**Foto:** Joylgon Pinto, dezembro/2009

## 2.6 Caracterização física de solos degradados no meio urbano de Manaus

Com a expansão das cidades brasileiras os problemas ambientais evoluíram numa velocidade espantosa promovendo, com isso, consequências desastrosas tanto para o ambiente quanto para a sociedade. Isso se deve, na maioria das vezes, ao crescimento populacional e o uso inadequado do solo (GONÇALVES, 2003). Esses problemas são potencializados quando se ocupa desordenadamente encostas e áreas de várzeas (GUERRA, 2011).

No município de Manaus, não é diferente de outras cidades brasileiras, sua expansão e crescimento demográfico nas últimas décadas têm causado sérios danos ambientais. Acompanhando a expansão do sítio urbano de Manaus, aparecem formas resultantes de processos erosivos, como sulcos, ravinas e voçorocas (VIEIRA, 2008). Por isso, o controle da erosão é fundamental para reduzir o processo de degradação do solo e práticas eficientes exigem a manutenção da cobertura do solo (TORMENA *et al.*, 2002).

Além disso, essa situação é agravada pela falta de conhecimento técnico das características físicas do solo, tornando cada vez pior o contexto ambiental local face às intervenções humanas. Segundo Kitamura *et al.* (2008), a utilização incorreta dos solos causa alterações, tornando-os cada vez menos produtivos, aumentando as áreas com solos degradados. Em áreas rurais as características dos solos se diferem muito dos localizados nas áreas urbanas, devido à presença de artefatos, camadas compactadas, teor reduzido de carbono orgânico e contaminante, sendo às principais características que diferem esses solos (SILVA, 2011).

Portanto, o conhecimento dos atributos físicos do solo como densidade aparente, densidade real, compactação do solo, umidade, textura, porosidade entre outros é de fundamental importância para intervenções em áreas alteradas (KIEHL, 1979; TORMENA *et al.*, 2002; MENDES *et al.*, 2006; PINHEIRO *et al.*, 2009; SILVEIRA *et al.*, 2010). Nessas áreas, o principal efeito é refletido na perda da qualidade da estrutura do solo (ALVES, *et al.*, 2007) e que alteram direta ou indiretamente a produção vegetal e a qualidade ambiental (SILVEIRA, *et al.*, 2010).

Em seu estado natural, o solo encontra-se coberto pela vegetação, que o protege da erosão e contribui para manter o equilíbrio entre os fatores de sua formação e aqueles que provocam sua degradação (FACCI, 2008). Nos centros urbanos essa vegetação é retirada e muitas vezes não ocorre um planejamento para uso e ocupação do solo, principalmente nas encostas.

Para Costa (1985), o solo pode ser definido como o meio natural para o desenvolvimento das plantas terrestres, tal como se formou (solo dito natural), ou mais ou menos modificado como resultado da sua utilização pelo homem. Do ponto de vista pedológico, o solo é considerado um sistema disperso constituído de três fases: sólida, líquida e gasosa (MEDINA, 1975; KIEHL, 1979), sendo o substrato primordial dos ecossistemas naturais (GONÇALVES *et al.*, (2003).

De acordo Sautter (1998), solo não é uma massa amorfa, mas sim estruturado e dividido em horizontes, cada um com suas respectivas camadas. Outro conceito de solo é dado por Reinert (1998) como um corpo natural organizado, vivo e dinâmico que desempenha inúmeras funções no ecossistema terrestre funcionando não somente no sistema de produção agrícola, mas também na manutenção da qualidade ambiental com efeito local, regional e global.

Para Suguio (2008), solos são materiais naturais componentes das camadas mais superficiais da crosta terrestre, mais ou menos coloridos por efeitos intempéricos e de naturezas inorgânica e/ou orgânica, capazes de sustentar plantas através da emissão de raízes.

Segundo Fortes Neto *et al.*, (2007), a qualidade do solo pode ser definida como a capacidade contínua do solo de aceitar, estocar e reciclar água, nutrientes e energia, bem como reter, dispersar e transformar materiais químicos e biológicos, funcionando como um tampão ou filtro ambiental. Para Dias e Griffith (1998) a caracterização de um processo de degradação, deve-se avaliar a dinâmica da qualidade do solo.

A qualidade do solo, conforme Doran e Parkin, (1994), é a capacidade de funcionalidade dos solos dentro de um ecossistema, sustentando a produtividade, mantendo a qualidade ambiental e promovendo a sanidade animal e vegetal.

Conforme Facci (2008), a qualidade do solo é o resultado de contínuos processos de degradação e conservação e representa a contínua capacidade do solo de funcionar como um ecossistema vital. O mesmo autor ressalta que entender e conhecer a qualidade do solo possibilita manejá-lo de maneira responsável, de modo a aperfeiçoar seu uso no presente, sem comprometê-lo no futuro.

Dessa forma, a avaliação da qualidade do solo deve englobar o estudo de algumas de suas propriedades que são consideradas como atributos indicadores (DORAN e PARKIN, 1994). Larson e Pierce (1994) sugerem as seguintes determinações como um levantamento mínimo necessário para qualidade do solo: textura, compactação do solo, densidade aparente, densidade do solo (densidade real, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, umidade), infiltração de água no solo, pH, macro e micronutriente tanto em solo como em planta. Contudo, para este capítulo foram utilizados os indicadores físicos.

Segundo Kiehl (1979), textura é a proporção relativa dos diferentes grupos de partículas primárias nele existentes e refere-se à porcentagem de argila, silte e areia inferiores a 2 mm de diâmetro (VIEIRA, 1975). É uma das características mais estáveis do solo e de grande importância na descrição, na identificação e, posteriormente, na classificação do solo (MEDINA, 1975).

Densidade real ou densidade de partículas é a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado pelas suas partículas sólidas, seus valores variam, em média, entre os limites 2,3 e 2,9 g/cm<sup>3</sup> cujas densidades reais estão em torno de 2,65 g/cm<sup>3</sup> Kiehl (1979).

A densidade do solo ou densidade aparente é a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca a 110°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros Kiehl (1979). Ainda com o autor, a densidade aparente aumenta com a profundidade e depende da natureza, das dimensões das formas e das disposições que as partículas se acham no solo. Em solos minerais os valores da densidade aparente oscilam de 1,1 a 1,6 g/cm<sup>3</sup>. Os dados obtidos por meio da densidade aparente servem como indicador de qualidade do solo e é também utilizada para determinar a quantidade de água e de nutrientes que existam no perfil do solo com base no volume (MENDES, 2006).

A porosidade é definida como a porção do seu volume não ocupada por partículas sólidas, e suas partículas variam em tamanho e forma e seu arranjo produz poros que diferem grandemente entre si pela forma, e dimensões (GROHMANN, 1975; KIEHL, 1979; FREITAS e BLANCANEUX, 1993). A distribuição por classe de tamanho sugere a classificação da porosidade em duas classes distintas: macro e microporos (FREITAS e BLANCANEUX, 1993). A porosidade, tal como a densidade aparente, varia apreciavelmente com a textura, a estrutura e o teor do solo em matéria orgânica (GULBENKIAN, 1975).

De acordo com Guerra (2001), a porosidade está relacionada de maneira inversa com a densidade aparente, ou seja, à medida que a densidade aparente aumenta, a porosidade diminui, conseqüentemente ocorre à redução da infiltração da água no solo. O aumento da densidade aparente com a profundidade do perfil tende a aumentar, devido às pressões exercidas pelas camadas superiores que provocam a compactação do solo, reduzindo a porosidade (KIEHL, 1979).

A compactação do solo é um processo de densificação na qual há um aumento da resistência do solo, redução da porosidade, continuidade de poros, da permeabilidade e da disponibilidade de nutrientes e água (SILVA, *et al.*, 2000). Segundo Collares *et al.*, (2006) a compactação acarreta aumento da densidade e da resistência do solo à penetração e redução da macroporosidade ou porosidade de

aeração. Desta forma, a resistência do solo à penetração é fundamental para a avaliação dos efeitos dos sistemas de preparo no ambiente físico do solo para o crescimento das plantas (TORMENA *et al.*, 2002).



**Equipamento:** Destilador de nitrogênio  
**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Abril/2009

## **2.7 Caracterização química e hídrica de um Latossolo Amarelo Distrófico em Manaus, Amazonas**

Os atributos físicos, químicos e biológicos do solo têm sido constantemente degradados. Sendo as atividades agrícolas a principal fonte de degradação (DIAS e GRIFFIT, 1998). Nas cidades isso acontece quando do uso e ocupação do solo modifica o ambiente.

Segundo Silva (2011), as modificações executadas na paisagem da cidade afetam diretamente à dinâmica hidrológica e quando a ocupação é de forma desordenada a degradação do solo é maior. O mesmo autor relata que os solos de áreas urbanas apresentam grande variação quanto à composição química, física e morfológica.

Esta mudança é notada quando se retira a vegetação deixando o solo exposto e que, conseqüentemente, causa erosão e seus processos (sulcos, ravinas, voçorocas entre outros). Sendo a forma mais comum de erosão é a perda superficial do solo pela ação da água e/ou do vento (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Segundo Panachuki (2003), a erosão hídrica é um processo de degradação do solo que pode ser causado tanto por fatores naturais quanto por interferência antrópica, que na maioria das vezes resulta num processo de erosão acelerada.

O reconhecimento, a localização e a quantificação dos fluxos de água nas encostas são de fundamental importância ao entendimento dos processos geomorfológicos que governam às transformações do relevo sob as mais diversas condições climáticas e geológicas (COELHO NETTO, 2008).

Quando a junção entre os elementos biológicos, químicos, físicos e sociais forem realizadas de forma integrada poderá contribuir para redução de danos ambientais ainda maiores, como o surgimento de feições erosivas de diferentes graus. De acordo com Baccaro (2010), o conhecimento integrado e profundo dos elementos, dos processos físicos, químicos, biológicos e das ações humanas que interagem e contribuem para a dinâmica do sistema ambiental.

A forma mais comum de erosão é a perda da camada superficial do solo pela ação da água e/ou do vento (ARAÚJO *et al.*, 2008) esta afeta tanto os elementos químicos, físicos e biológicos.

O movimento da água controla a dinâmica dos elementos químicos que intervêm nos processos de formação e evolução dos solos, na disponibilidade de nutrientes para as plantas e na satisfação da demanda hídrica e estes dependem das características físico-químico do solo, tais como, textura, estrutura e teor de matéria orgânica (MACIEL NETTO *et al.*, 2000).

Quando a deterioração química é afetada pode consistir em perda de nutrientes, salinização ou a concentração de sais na camada superior, acidificação e

poluição de diversas origens pode reduzir drasticamente o potencial agrícola das terras (ARAÚJO *et al.*, 2008). Ainda com o autor, a deterioração física ocorre com a compactação que dificulta a infiltração causando um maior escoamento superficial e, conseqüentemente, erosão hídrica, elevação do lençol freático e subsidência de solos orgânicos, que pode ser causada pela drenagem ou oxidação. Assim, o depauperamento de atributos físicos e químicos do solo pela erosão é uma de suas principais causas de degradação (GONÇALVES *et al.*, 2003).

A erosão pode ser considerada o principal agente causador da degradação do solo, pois seus efeitos são praticamente irreversíveis, ou agregam um grande ônus financeiro e/ou energético para recuperá-las (CHIEZA, 2010).

Segundo Kitamura *et al.*, (2008), a recuperação de área degradada tem como grande desafio a ser alcançado o estabelecimento de um horizonte A, para que a partir daí, o processo seja catalisado pela biosfera, podendo surgir outros horizontes, conforme o condicionamento natural.

Neste sentido, procurou-se caracterizar os atributos químicos e hídricos do solo em estudo, para melhor entender os processos que influenciam no desenvolvimento de erosão e seus mecanismos.

## **2.8 Características hídricas de um Latossolo Amarelo distrófico (LAd)**

O uso e ocupação do solo na cidade de Manaus têm causado sérios problemas, tanto ao ambiente rural como ao urbano. No ambiente rural o desmatamento, as queimadas, as aberturas de estradas, a criação de animais para comercialização e agricultura tem levado a perda da fertilidade e a compactação do solo o assoreamento dos cursos d'água entre outros. No meio urbano isso é percebido quando encostas são ocupadas, áreas são utilizadas para aterros sanitários, para áreas de empréstimos, loteamentos e invasão e outras formas de uso. Isso tem modificado de forma significativa o espaço. Em consequência disso, o solo sofre mudanças quase que irreparáveis na sua estrutura. Para se avaliar se um solo tem sua qualidade estrutural afetada, à infiltração de água é um dos atributos mais importante (FONTENELE, 2006). O conhecimento da taxa de infiltração é muito

importante também para quantificar a parcela de chuva que não infiltra no solo, ocasionando o escoamento superficial (CAPELA BISPO *et al.*, 2006).

Para Maciel Netto *et al.*, (2000), a dinâmica da água no solo é um processo contínuo que controla o movimento dos elementos químicos que intervêm nos processos de formação do solo na disponibilidade de nutrientes para as plantas e na satisfação da demanda hídrica.

Segundo Mantovani (2009), a infiltração de água no solo (I) é o processo pelo qual a água penetra no seu perfil. A compreensão e a avaliação da capacidade de armazenamento de água no solo são importantes quando se trata da irrigação, drenagem, erosão, biologia da fauna e flora desse solo, lixiviação de elementos químicos, entre outros aspectos (PINHEIRO *et al.*, 2009).



**Primeira aferição de medidas alométricas sendo anotadas.**

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino. Fevereiro/2010.

## **2.9 Monitoramento de espécies florestais e frutíferas na recuperação de solo degradado por processos erosivo na cidade de Manaus**

A cidade de Manaus vem passando por um processo contínuo de desenvolvimento, principalmente a partir da implantação da Zona Franca de Manaus e o Pólo Industrial de Manaus. Como consequência desse desenvolvimento é o crescimento populacional. A demanda por espaço faz com que imensas áreas verdes dêem lugar para construção e instalação de indústrias, fábricas, estradas, pontes, moradias entre outros. A falta de política para infraestrutura faz com que a maioria da população ocupe espaços do relevo impróprios para construção de suas moradias.

A consequência dessa ocupação é a retirada da cobertura vegetal próximo das encostas e fundos de vales que no período de chuva causa erosão do solo e seus processos (deslizamento, escorregamento, ravinas, voçorocas entre outros) levando sérios problemas à população destas áreas, provocando assoreamento dos rios e, além de gerar prejuízos, transmitem doenças contagiosas. Para atenuar esses problemas, o reflorestamento, pelo menos de áreas críticas e de preservação permanente, se faz urgente.

A utilização de espécies vegetais pode ser uma alternativa para melhorar as condições do solo em áreas atingidas pela erosão. Com a cobertura do solo às propriedades física, químicas e biológicas poderão exercer suas funções.

Segundo Pereira (2008), às áreas degradadas e erosões necessitam de obras de drenagem, geotecnia, terraplanagem e revestimento vegetal. Ainda conforme o autor é necessário estabelecer a vegetação, que permite maior infiltração, menor escoamento superficial e proteção contra erosão laminar.

Para Tormena *et al.*, (2002), o controle da erosão é fundamental para reduzir o processo de degradação do solo; e práticas eficientes exigem a manutenção da cobertura do solo. Araujo *et al.*, (2008) alertam que o desenvolvimento de vegetação arbórea em encosta reforça o solo e melhora a estabilidade, de forma recíproca a sua remoção pode enfraquecer os solos e desestabilizar as encostas.

Nascimento e Silva (2004) avaliaram a adaptação da *Leucena* nas condições edafoclimática locais e sua eficiência para uso e cobertura do solo em um Luvisolo degradado no município de Alagoinha na Paraíba e constataram a produção de

maior quantidade de fitomassa. Outra espécie de leguminosa que vem sendo bastante estudada é a *Inga edulis* no enriquecimento de floresta secundária (FALCÃO e CLEMENT, 2000) e na recuperação de área degradada (PONTES, 2009).

No intuito de contribuir com a recuperação da área degradada aproximando-a, ao máximo, à sua condição anterior, utilizou-se a alternativa de manejo do solo por meio do plantio direto de plantas, com objetivo de monitorar o crescimento e desempenho de espécies vegetais para a recuperação de áreas degradadas por processos erosivos do tipo voçoroca.

## CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Metodologia

Neste estudo foi utilizada uma abordagem sistêmica, a qual permitiu entender a dinâmica e complexa relação de solo e planta permitindo, assim, o estudo integrado dos componentes do meio físico, aplicando instrumentos de análises que abordou os aspectos físicos (geologia, geomorfologia, clima, solo, hidrografia e cobertura vegetal) principalmente o geomorfológico e suas inter-relações.

Para isso, três momentos foram necessários: o primeiro coletou-se informações detalhadas referentes ao tema proposto, por meio de consulta a trabalhos (dados secundários) que tratam do assunto e da área onde o experimento foi instalado.

No segundo momento foram ordenados os dados coletados em campo (dados primários), os quais foram executados no período de um ano e no terceiro momento foram analisados os dados em conjuntos e identificadas suas correlações.

### 3.2 Caracterização das espécies utilizadas

A utilização de espécies vegetais para recuperação de áreas degradadas e o uso da capoeira picada como adubação, pode refletir em maiores benefícios às propriedades físico-químicas do solo e ao crescimento das plantas, quando comparada ao método de adubação química convencional (FERREIRA, 2008).

As espécies utilizadas nesta pesquisa foram: Ingá-de-metro (*Ingá edulis* Mart), goiaba de anta (*Bellucia grossularioides* (L.) Triana), guaraná (*Paullinia cupana* Kunth), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Wild. Ex Spreng) K. Schum) e a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit).

Estas espécies foram selecionadas por apresentarem algumas características favoráveis para a recuperação de áreas degradadas tais como: crescimento rápido, absorção de nitrogênio pelas folhas e sua fixação no solo, maior proteção do solo com suas copas por meio de suas folhas, sistema de raízes (radicular e pivotante) e adaptabilidade ao tipo solo (PEREIRA, 2006).

### 3.2.1 Ingá-de-metro (*Ingá Edulis* Martius)

A ingá de metro é uma árvore de sub-bosque, da família da *Fabaceae* com folhas de 4 a 6 pares de folíolos densamente pubescente, com glândula elíptica (2-3 mm), pecíolo muito curto, e é uma planta de platô e se adapta a áreas alteradas. É muito cultivada nos arredores de Manaus, América do Sul até o sul do Brasil, além de ser amplamente cultivada por seu arilo delicioso (RIBEIRO, 1999).

É também conhecida como ingá cipó, ingá de macaco e ingá. A ingá-de-metro é uma espécie que vem sendo bastante estudada para enriquecimento de florestas secundárias classificada como uma leguminosa arbórea da subfamília Mimosoideae, nativa da América Tropical e amplamente cultivada pela população local por ser de rápido crescimento, fornece fruto comestível, madeira para lenha, serve como árvore de sombra e, mais recentemente, como componente agroflorestal (FALCÃO e CLEMENT, 2000 *apud* AYRES, 2006) e na recuperação de áreas degradadas (PALHETA e WANDELLI, 2002 *apud* PONTES, 2009) (**Figura 6**).



**Figura 6:** Ingá de metro (*Ingá edulis* Martius).  
Foto: Raimundo N. de A. Aquino, Julho/2010.

### 3.2.2 Goiaba de anta (*Belluciagrossularioide* (L.) Triana)

*Belluciagrossularioide* (L.) Triana, - Melastomatáceas— Secundária intermediária, árvores de pequeno a médio porte, que apresenta sapopemas quando adultas. O gênero não apresenta grande importância econômica, podendo os frutos comestíveis ser utilizados, ou na fabricação artesanal de tintas. As folhas desta

espécie são grandes, de forma oval, com aproximadamente 15-25 cm de comprimento (**Figura 7**). Apresentam frutificação irregular durante o ano todo. Essa espécie ocorre no Brasil, América Central, Colômbia, Venezuela, Guianas e Bolívia (RIBEIRO *et al.*, 1999; MACIEL *et al.*, 2003; BENTOS *et al.*, 2008).



**Figura 7:** Goiaba de anta (*Belluciagrossularioides* (L.) Triana).  
Foto: Raimundo N. de A Aquino, Julho/2010.

### 3.2.3 Guaraná (*Paulliniacupana* Kunth)

Pertence a família das Sapindáceas e consideradas um arbusto trepador ou subereto, que chega até 10 m de altura, de casca muito escura e ramos. Erva estimulante de crescente importância comercial na Amazônia Brasileira (CORREA, 1999).

O guaranazeiro se desenvolve adequadamente em locais com temperatura média anual de 23°C a 28°C e precipitação pluviométrica de 1.500 a 3.000 mm/ano<sup>-1</sup> (TAVARES, 2005).

O guaraná é utilizado na forma de pó, bastão, xaropes e extratos em refrigerantes. O guaraná pode ainda ser utilizado na fabricação de bebidas energéticas, sorvetes, cremes, além de fármacos, cosméticos, confecção de artesanato (TAVARES, 2005) (**Figura 8**).



**Figura 8:-** Guaraná (*Paullinia cupana* Kunth).  
**Foto:** Raimundo N. de A. Aquino, Janeiro/2010

### 3.2.4 Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) K. Schum)

Pertence à família *macyaceae* é uma planta originária da Amazônia (CALZAVARA *et al.*, 1984 *apud* AYRES, 2006). Uma árvore que atinge 7m de diâmetro de copa, 4 a 10 m de altura média, com sistema radicular pivotante e nos primeiros 20 a 25 cm de profundidade do solo desenvolvem grande quantidade de raízes laterais ou secundárias (SOUZA *et al.*, 1999; 2007).

Dentre as espécies nativas da Amazônia, o cupuaçu destaca-se por possuir grande potencial de comercialização para a elaboração de diversos subprodutos. A polpa, pelas características de acidez, teor de pectina, aroma ativo e sabor agradável, se constituem em importante matéria-prima para a indústria alimentícia (suco, iogurte, compota, bombom, soverte, geleia, licor, etc.). Das sementes pode-se preparar o cupu late e se extrai também a gordura (VENTURIERI, 1993; SOUZA *et al.*, 1999; 2007). A casca vem sendo aproveitada como adubo orgânico (SOUZA *et al.*, 1999; 2007; SANTOS, 2003) (**Figura 9**).



**Figura 9:** Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) K. Schum).

**Foto:** Raimundo N. de A. Aquino, Março/2010.

### 3.2.5 Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit)

Espécie perene, arbustiva, originária da América Central. Atualmente a Leucena está disseminada por toda a região tropical, devido às suas múltiplas formas de utilização (forragem, produção de madeira, carvão vegetal, sombreamento, quebra-vento e contenção de encostas). É também utilizado para sombrear cacau, café, como adubo verde, pela fixação do nitrogênio atmosférico, como cobertura morta e para evitar a erosão (REBRA, 1991). A forragem produzida é de alto valor nutritivo, podendo as folhas, vagens e hastes finas serem consumidas pelo gado, seja em pastejo direto ou picadas no cocho, ou ainda, sob a forma de feno ou farinha (SEIFFERT e THIAGO, 1983; GONÇALVES *et al.*, 1986 *apud* COSTA, 2000).

A *Leucaena Leucocephala* (Lam.) R. de Wit, pertence à família fabaceae, subfamília Mimosoideae é a espécie mais difundida e que apresenta maior distribuição geográfica no gênero. Árvore ou arbusto com altura de 5 a 18 m diâmetro à altura do peito (DAP) até 30 cm, perene, de crescimento rápido, adaptada às regiões secas e dos trópicos. É originária das Américas e se adaptou bem às condições climáticas do Brasil (KIILL e MENEZES, 2005) (**Figura 10**).



**Figura 10.** Leucena (*Leucaena Leucocephala* (Lam.) R. de Wit).  
**Foto:** Raimundo N. de A. Aquino, Março/2010.

### 3.3 Instalação do experimento

Após a seleção das cinco espécies, o experimento foi montado com (30) plantas por espécies. Sendo distribuídas em duas parcelas, contendo 15 plantas por parcelas, perfazendo um total de 150 plantas. Sendo uma parcela com adição de biomassa vegetal (capoeira picada), e outra sem adição de nenhum nutriente, representando a controle para cada espécie (**Figura** As parcelas **1, 3, 5, 7 e 9** receberam adição de capoeira picada e as parcelas **2, 4, 6, 8 e 10** não receberam nenhum tipo cobertura. Todas as espécies, anteriormente, em casa de vegetação foram adubadas com mesmo substrato. Entre as espécies selecionadas não tinha uma uniformidade nos tamanhos. Feito isso, as plantas foram distribuídas em 10 parcelas medindo 15 m<sup>2</sup>, com 3 m de largura e 5 m de comprimento cada. Dentro das parcelas foram abertas covas manualmente, de 20 x 30 cm, em espaçamento de 1 x 1 m nas parcelas e entre as parcelas 3 x 3 m (**Figura 11a, b, e c**). Em seguida foi plantado 30 (trinta) indivíduos de cada espécie selecionada (o tamanho das mudas não eram uniformes variando entre espécies) e estes foram distribuídos em 2 (duas) parcelas contendo 15 (quinze) indivíduo em cada. Nas parcelas ímpares foi adicionado biomassa vegetal e nas parcelas pares não houve adição de material conforme o arranjo das plantas nas parcelas (**Quadro 1**) sendo considerada a parcela controle (**Figura 12 a e b**). Entretanto, antes do plantio das mudas de cada

espécie nas parcelas foram retiradas amostras de solo a uma profundidade de 20 cm para análise físico química em laboratório.



**Figura 11:** **A** Covas sendo abertas manualmente, **B** cova com 20 cm de largura, **C** com 30 cm de profundidade.

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Julho/2010.



**Figura 12:** **A.** parcela que recebeu capoeira picada. **B** parcela controle, sem capoeira picada.

**Foto:** Armando Brito da Frota Filho. Julho/2010.

**Quadro 1** - Arranjo das mudas em cada parcela.

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15

Com capoeira picada  
(impar)

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15

Sem capoeira picada –  
controle (par)

### 3.4 Caracterização física do solo

#### 3.4.1 Coleta e análise para caracterização dos atributos físicos do solo

Para caracterização dos atributos físicos do solo foram coletadas três amostras dentro de cada parcela a uma profundidade de 20 cm, com ajuda de um trado holandês (**Figura 13**). As amostras coletadas de cada parcela compuseram então, a amostra composta. Assim, cada parcela ficou com uma amostra para análise física do solo num total de 10 amostras. Dessas amostras foi retirada uma porção para análise física (densidade real e granulometria) e outra para química (pH, macro e micronutrientes). Para as análises de Densidade aparente (Da), Porosidade total (Pt), Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) e umidade foram coletadas amostras em cilindro de *copecky* a uma profundidade de 10 cm. Para os testes de infiltração e resistência utilizou-se Permeâmetro de Guelph e o penetrômetro de impacto modelo da Daiki.



**Figura 13:** Trado holandês usado para coleta das amostras de solo. Ao fundo (seta) indica a localização da voçoroca.

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino (11/01/2010mês/2010).

Após a coleta das amostras no campo foram levadas para casa de vegetação do Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), onde foram devidamente identificadas e colocadas em bandejas de plástico para secar ao ar (**Figura14**). Em seguida, o material foi destorroadado e passado numa peneira de 2 mm, onde cada amostra foi retirada para fazer a análise física e química.



**Figura 14:** Solo em bandejas de plástico para secagem na casa de vegetação LTSP/INPA.

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Fevereiro/2010.

### 3.4.2 Análise granulométrica

Para classificação textural foi realizada a análise granulométrica no LTSP/INPA pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). O qual baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Utiliza-se 20 g de solo dispersando-o com solução aquosa de pirofosfato de sódio ( $83 \text{ g,L}^{-1}$ ) por 16 horas. As frações grosseiras (areia fina e grossa) foram separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. A fração argila foi determinada agitando-se as amostras em provetas de 1000 ml e deixando decantar o silte para coletar 20 ml da fração argila. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%, sendo obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original (**Figura 15**).



**Figura 15:** Análise granulométrica: provetas após serem agitadas aguardando o tempo de decantação para coleta do material em suspensão.  
**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino (mês/2010).

### 3.4.3 Densidade Real (Dr)

Na Densidade Real (Dr) foi utilizado o mesmo material coletado para as análises de granulométricas e já descrito. A determinação da Densidade Real (DR) dos solos foi realizada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997) (**Figura 16**).



**Figura 16:** Análise de Densidade Real (Dr)  
**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Julho, 2010.

o qual consiste em pesar 20g de solo, colocar em lata de alumínio de peso conhecido, levar à estufa, deixar por 6 a 12 horas, dessecar e pesar, a fim de se conhecer o peso da amostra seca a 105°C, transferir a amostra para balão aferido de 50 ml; adicionar álcool etílico, agitando bem o balão para eliminar as bolhas de ar que se formam, prosseguir a operação, vagarosamente, até a ausência de bolhas e completar o volume do balão e anotar o volume de álcool gasto. Os cálculos foram realizados através da expressão (**Quadro2**):

Densidade de Partículas (Dp) (g/cm <sup>3</sup> )
Densidade de partículas (DP) (g/cm <sup>3</sup> ) = a / 50 – b
a= peso da amostra seca 105°C
b = volume de álcool gasto,

**Quadro 2:** formulada Densidade de Partículas (Dp).  
**Fonte:** EMBRAPA, 1997.

#### 3.4.4 Densidade Aparente (DA)

Para caracterização e determinação da análise de Densidade Aparente, foram retiradas amostras com estrutura indeformadas, utilizando cilindros volumétricos (anéis de Kopecky) medindo 6 cm de diâmetro e 4 cm de altura, tendo um volume total de aproximadamente 50 cm<sup>3</sup> na camada de 0-0,10 m de todas as parcelas (**Figura 17**).



**Figuras 17 a:** Material utilizado para coleta de Densidade Aparente, **b** Cilindro com solo, **c** Limpeza do cilindro, **d** Cilindro após limpeza.

**Fotos:** Alcimar, mês, 2010.

O método utilizado foi o proposto pela Embrapa (1997), após a coleta as amostras foram levadas ao LTSP/INPA. Para a obtenção dos valores da Densidade Aparente e utilizou-se a seguinte fórmula (**Quadro3**):

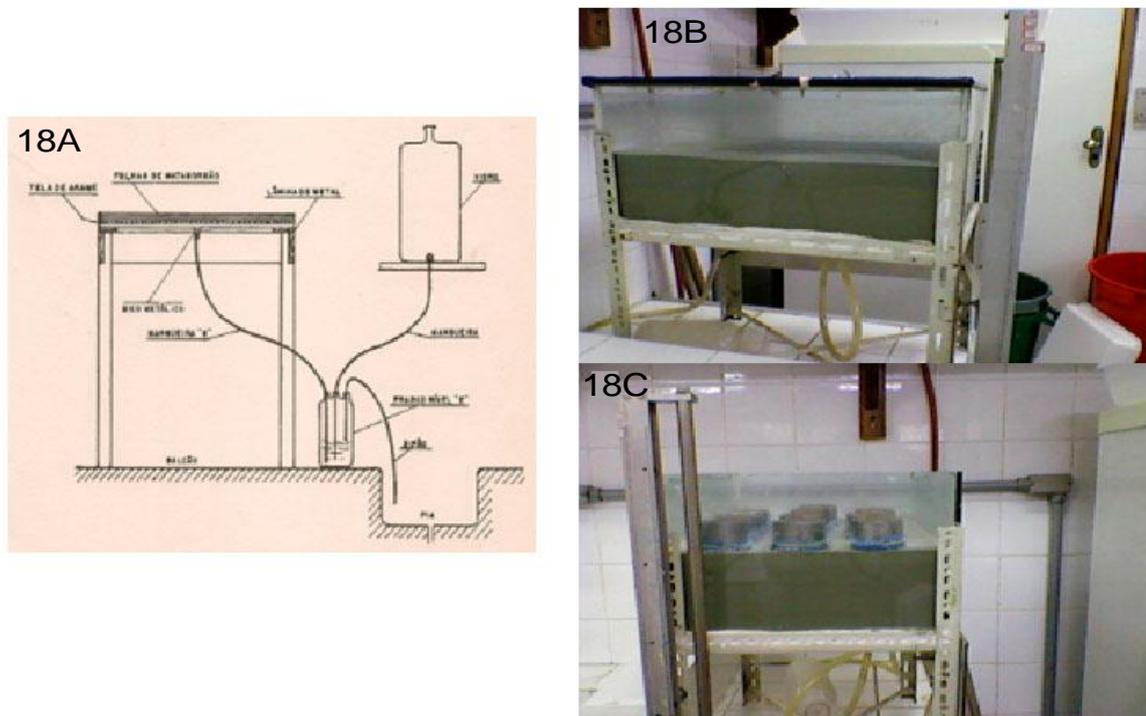
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> ) = a/b
a= peso da amostra seca 105°C
b= volume anel/cilindro

**Quadro 3:** Fórmula da Densidade Aparente (Da)

**Fonte:** EMBRAPA, 1979.

### 3.4.5 Porosidade, Macroporosidade e Microporosidade

Para determinação da distribuição de poros por tamanho esta foi obtida a partir de amostras indeformadas coletadas em campo, por meio de anéis de Kopecky. A uma profundidade de 10 cm no solo, no qual foram coletadas 6 amostras em cada parcela totalizando 60 amostras, que foram submetidas a mesa de tensão (**Figura 18**), cuja realização foi feita no Laboratório Temático de Solos e Plantas - LTSP/INPA, conforme método da EMBRAPA (1997).



**Figura 18:** Desenho esquemático “Mesa de Tensão” - **A.** Mesa preparada para determinação de macro, micro e porosidade total a 60 cm de coluna d’água – **B e C.**

**Fonte:** Leamer e Shaw (1941) *apud* EMBRAPA (1979)

**Organização:** Regiane Campos Magalhães, 2011.

### 3.4.6 Porosidade Total (Pt)

O valor adquirido para o cálculo da porosidade total do solo foi alcançado a partir da seguinte fórmula (**Quadro 4**). Desta forma, tal procedimento foi realizado conforme descrito no Manual de Métodos de Análise Física de Solo da EMBRAPA (1997).

Porosidade Total (%)
Pt= microporosidade + macroporosidade

**Quadro 4:** Fórmula da Porosidade Total.  
**Fonte:** EMBRAPA (1997).

Para determinação do cálculo da micro e macroporosidade foi seguida a seguinte fórmula (**Quadros 5 e 6**).

Microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ )
Microporosidade = $(a - b) / c$
a = peso da amostra após ser submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água
b = peso da amostra seca a 105°C
c = volume do cilindro

**Quadro 5:** fórmula para cálculo de microporosidade,  
**Fonte:** EMBRAPA (1997).

Macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ )
Macroporosidade= percentagem de saturação – microporosidade ou
Macroporosidade= Porosidade total – microporosidade

**Quadro 6:** Fórmula para cálculo de macroporosidade,  
**Fonte:** EMBRAPA (1997).

### 3.4.7 Resistência à penetração e umidade do solo

As medidas de resistência à penetração do solo foram realizadas com um penetrômetro de impacto modelo Daiki (FIGURA 19). Às medidas de resistência foram realizadas concomitantemente com a coleta de material para umidade do solo. Sendo realizada uma única vez na transição período chuvosa para o período seco.



**Figura 19** Penetrômetro de impacto modelo Daiki.  
**Foto:** Armando Brito da Frota Filho. Fevereiro/2011.

As análises foram realizadas em três pontos dentro das parcelas e próximas às amostras realizadas para determinação da Densidade Aparente. Para tanto, foi verificado o número de impactos necessários para que a haste do penetrômetro penetre no solo a cada 10 cm até atingir uma profundidade de 30 cm. Os dados obtidos na unidade impactos,  $10\text{ cm}^{-1}$  foram então, transformados em MPa utilizando a fórmula seguinte, obtida por meio do procedimento utilizado por Stolf (1991). Porém, adotando-se às medidas do penetrômetro de impacto modelo Daiki (o penetrômetro utilizado para execução deste experimento possui as seguintes características:  $M = 5\text{ kg/f}$ ,  $m = 3\text{ kg/f}$ ,  $(M+m) = 8\text{ kg/f}$ ,  $h = 40\text{ cm}$ ,  $A = 4,74\text{ cm}^2$  e um ângulo de  $60^\circ$ ):

$$R = (1,68 + 2,63 \cdot N) \text{ Mpa}$$

Onde:

$R$  = Resistência à penetração (Mpa)

$N$  = Número de impactos/dm

Com relação às medidas de umidade do solo, estas foram obtidas com a mesa de tensão, conforme método da EMBRAPA (1997). Três pontos por parcela foram amostrados exatamente ao lado onde foi analisada a resistência à penetração. As amostras foram coletadas por meio de cilindros de *Copecky*, (**Figura 20**).



**Figura 20** A seta vermelha indicando os três cilindros de copecky para coleta de solo para análise de densidade

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Fevereiro/2011

Em seguida, o material foi levado ao LTSP do INPA, onde foi submetido à secagem em estufa a 105°C, durante um período de no mínimo 24 horas. A umidade do solo foi, então, obtida pela equação 2:

$$\text{Umidade} = [(\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}) / \text{Peso seco}] * 100 \quad (2)$$

O teste de resistência à penetração teve por finalidade identificar o grau de resistência do solo à penetração a algo que tenta se mover através dele. Nesse sentido, segundo Silveira *et al*, (2010) a resistência do solo à penetração é considerada a propriedade mais adequada para expressar o grau de compactação do solo e, conseqüentemente, a facilidade de penetração das raízes.

### **3.5 Caracterização química e hídrica de um Latossolo Amarelo Distrófico em Manaus Amazonas.**

O estudo foi realizado em Latossolo Amarelo distrófico (LAd), proveniente da área onde foi coletado o material para análise física já descrita. A coleta das amostras de solo para análise químicas foi realizada duas vezes: uma antes do plantio das espécies e da inserção da biomassa vegetal (capoeira picada) em cada parcela, em fevereiro de 2010 e a segunda em fevereiro de 2011, após o plantio e a

inserção da biomassa vegetal (capoeira picada), sendo coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras de solo foram preparadas (secas ao ar e peneiradas utilizando a peneira de 2 mm) e submetidas às análises químicas utilizando-se a metodologia descrita pela (EMBRAPA, 1999). Para tanto, pesou-se 5 gramas de terra fina seca ao ar – (TFSA). Feito isso, deu-se seguimento a análise para determinação dos seguintes nutrientes: Os macronutrientes (P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Zn, Mn e Fe). OpH foi determinado de acordo com os métodos descritos pela EMBRAPA (1999). O Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 Mol L<sup>-1</sup>. O P - disponível, K, Zn, Mn e Fe, foram extraídos com solução de Mehlich 1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 M + HCl 0,125 M). Os teores de Ca, Mg, K, Zn, Mn, Fe e o Al trocável foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) (**Figura 21**).



**Figura21** - Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA).

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, 2010.

O fósforo (P) disponível foi determinado por colorimetria com azul-de-molibdênio, utilizando o molibdato de amônio e ácido ascórbico 3% e a leitura consistiu por espectrofotômetro UV-VIS (660 nm) (**Figura 22**).



**Figura 22** - Espectrofotômetro UV-VIS (660 nm) para leitura de fósforo (P)  
**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Novembro/2011

O pH do solo foi determinado em H<sub>2</sub>O na proporção solo: solução de 1:2,5 e a leitura das amostras foram realizadas no potenciômetro (**Figura 23**).



**Figura 23** potenciômetro para determinação de pH  
**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, Novembro/2011

Para análise de Carbono e Nitrogênio (CN) foi pesado 1000mg de solo e foi analisado pelo método de análise elementar – CN, com o equipamento VARIO MAX (**Figura 24**).



**Figura24.** Equipamento VARIO MAX – analisador de carbono e nitrogênio.  
**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, 2010.

### 3.6 Biomassa de resíduos vegetais (capoeira picada)

A análise química da biomassa vegetal (capoeira picada) foi retirada da vegetação de maior abundância ao entorno da área. Esta análise foi realizada apenas uma vez, em fevereiro de 2010, no momento da inserção do material vegetal nas parcelas 1, 3, 5, 7 e 9.

O método utilizado foi o método da adubação alternativa com vegetação secundária picada (como fonte de nutrientes), que consiste na utilização de plantas de ampla abundância encontradas na área adjacente ao experimento (FERREIRA, 2008). Entre as plantas de maior abundância ao entorno da área estão a: pacote (Cochlospermaceae, *Cochlospermum Orinocense*), marupa (Simaroubaceae, *Simarouba amara*), Pau pombo (Anacardiaceae – *Tapirira guianensis*), Murici (Malpighiaceae – *Byrsonima chrysophylla*) Mata pau (Moraceae – *Ficus krukovii*), Lacre vermelho – Clusiaceae - *Vismia Guianensis*), Capitiu (Siparunaceae – *Siparuna guianensis*) Rabo de arara (Rubiaceae – *Warszewiczia Coccinea*), asquais foram identificadas em campo por um técnico do INPA (Francisco Quintiliano Reis e Lourival Quintiliano Reis). Em seguida foram identificadas conforme guia de identificação (RIBEIRO, 1999).

Foram utilizados apenas galhos (com folhas) que possuíam diâmetros máximos de até 2,5 cm. Em seguida, os galhos foram cortados em pequenos

pedaços de aproximadamente 10 cm de comprimento, juntamente com as folhas, e depositado sobre as parcelas como forma de cobertura (**Figuras 25 e 26**).



**Figura 25:** Material vegetal (galhos e folhas) retirado do entorno da área sendo cortadas.



**Figura 26:** Material vegetal (galhos e folhas) após serem cortados inseridos nas parcelas.

Após este processo o material picotado (galhos e folhas) foi pesado. Para isso, utilizou-se sacos de rafia e uma balança manual (50 kg) (**Figura 27**). Cada parcela recebeu 50 kg de capoeira picada. Esse material foi espalhado na área de

15 m<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 3,5 kg/m<sup>2</sup> de matéria orgânica. Este processo se repetiu mais três vezes a cada quatro meses até o final da pesquisa.



**Figura 27:** Saco de rafia e balança manual de 50 kg.  
**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, julho/2010

A aplicação deste procedimento se deve ao fato de que o solo da área é altamente degradado e a utilização de capoeira picada possibilitará mensurar a quantidade de nutrientes, auxiliando no desenvolvimento das espécies, assim como também na proteção e cobertura do solo.

### **3.7 Determinações do teor e estoque de nutrientes na composição da capoeira picada (C, N, K, P, Ca, Mg, Mn, Fe)**

Para análise do material vegetal em laboratório utilizou-se o mesmo procedimento para o preenchimento das parcelas, sendo que apenas 5 kg de capoeira picada foram pesados ainda em campo e levada para o LTSP/INPA (**FIGURA28**). Após a chegada ao laboratório a mesma seguiu os seguintes passos: lavagem, secagem, moagem e armazenamento. A lavagem foi realizada com água destilada para higienização do material. Em seguida foi realizada a secagem que consistiu em colocar as amostras em saco de papel perfurado e postas a secar em

estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 65°C. Depois da secagem o material foi passado em moinho de aço inoxidável, para evitar a contaminação da amostra, principalmente, por Ferro, Zinco e Cobre (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Mas adiante, a amostra foi armazenada em saco plástico, devidamente identificado. Daí foi retirado seis amostras para determinação dos teores de nutrientes.



**Figura 28.** Material vegetal sendo pesado em balança de precisão ainda em campo para ser levado ao LTSP/INPA para análise foliar.

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, julho/2010.

A metodologia para determinar os teores de nutrientes em material vegetal consiste em digestão úmida, (sistema aberto) ácido nítrico+ácido perclórico (3:1), descrito pela EMBRAPA (1999).

O teor de nitrogênio foi analisado por meio de análise elementar (Vario Max CN – ELEMENTAR). Os teores de fósforo (P) foram determinados a partir de amostras, contendo 0,5 g de matéria seca submetidas à digestão nitro-perclórica, com temperatura ajustada de 50 em 50 °C até 210°C, em intervalos de 30 minutos. Posteriormente, os teores de fósforo foram determinados por espectrofotometria (SHIMADZU, UV Mini 240) a 725 nm (EMBRAPA, 1997). Ainda no extrato nitroperclórico foram determinados os teores dos macronutrientes (Ca, Mg e K) e os micronutrientes (Fe, Zn, e Mn) por espectrofotometria de absorção atômica (Perkin Elmer 1100B, Uberlingen, Alemanha).

### 3.8 Caracterizações dos atributos hídrico do solo

#### 3.8.1 Avaliação da capacidade de infiltração de água no solo

Os ensaios para caracterização dos atributos hídricos foram realizados em três pontos distribuídos dentro da área de estudo localizada na zona sul de Manaus, no mês de novembro 2010, juntamente com o teste de resistência e a coleta de solo para a determinação de Densidade Real, Densidade Aparente, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e umidade gravimétrica. Foram demarcados 3 pontos na área. Em cada ponto foram efetuados os testes de infiltração através do infiltrômetro de anel de carga constante, considerando-se a duração de 2 minutos.

Para medir a velocidade de infiltração foi utilizado um cilindro de anel simples (diâmetro 28,5 e altura 29,5), fixado a 10 cm de profundidade e o permeâmetro de Guelph. Os infiltrômetros são aparelhos para determinação direta da capacidade de infiltração do solo, tubos ou qualquer outro limite projetado para isolar uma seção do solo (REICHARDT, 1990). Os testes de infiltração foram realizados com o auxílio do permeâmetro de *Guelph* que mede a condutividade hidráulica saturada de campo acima do lençol freático, sendo também possível avaliar a capacidade de infiltração de água no solo. Esse aparelho é constituído por uma garrafa de mariote, que controla a carga constante de água dentro do furo (diâmetro do furo 4 cm), um tubo de acrílico (comprimento do furo 81,6 cm) com uma régua graduada, onde a água é introduzida que fica sobre um tripé que permite adaptá-lo conforme a inclinação da área (**Figura 29**). Para tanto, uma carga hidráulica de 5 cm sobre o solo foi mantida constantemente, sendo possível acompanhar a capacidade da água infiltrar no solo conforme o método descrito por Bernardo *et al.*, (2006).



**Figura 29.** Permeâmetro de Guelph sendo instalado para coleta de dado.  
**Foto:** Sidney, Agosto/2010.

Para obtenção dos cálculos utilizou-se a seguinte equação:

$$VI = \frac{L \times F}{A}$$

VI = Velocidade de infiltração (cm/min)

L = Valor da leitura Guelph (cm/min)

F = Fator de correção (cm)

A = Área do cilindro (cm<sup>2</sup>)

O modelo adotado para descrever a avaliação da capacidade de infiltração, foi o não linear tipo potência (QUADRO 7), semelhante ao modelo de equação de Kostiakov (1932). Paixão *et al.*, (2004) ao testarem os modelos de equação de Horton (1940), Kostiakov (1932), Kostiakov-Lewis (1945) e Potencial verificaram que o modelo de Kostiakov foi o que apresentou em média, os melhores valores estimados da taxa de infiltração quando comparados com os valores medidos em campo. Quanto ao modelo de equação Potencial apresentou maior facilidade de aplicação e menor exigência de material e com grande economia de tempo na obtenção da taxa de infiltração.

Segundo Cunha *et al.*, (2009), o modelo empírico de Kostiakov (1932) pode ser utilizado para determinar a velocidade de infiltração de água em sistemas de plantio direto em Latossolo Amarelo ou que apresentem atributos similares.

$V = a \cdot t^b$
V= velocidade
a= constante de ajuste de modelo
t= tempo
b= constante de ajuste de modelo

**Quadro 7.** Modelo não linear do tipo Potência.  
**Fonte:** Modificado de Paixão *et al.*, (2004).

Para avaliar o desempenho entre os valores da capacidade de infiltração obtidos em campo por meio do modelo empírico proposto para os 3 testes de infiltração, foi realizada uma análise estatística comparativas dos resultados por meio do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) (BUSSAB e MORETTIN, 2004).

### **3.9 Monitoramento de espécies florestais e frutíferas na recuperação de solo degradado por processos erosivo na cidade de Manaus**

Esta pesquisa foi conduzida numa área pertencente a SUFRAMA, conforme descrita anteriormente (item 3.2.1 a 3.2.5), onde se utilizou algumas espécies vegetais a serem monitoradas por um período de doze meses. O monitoramento das espécies teve início logo após o plantio, quando foram realizadas as primeiras observações. Porém, as medidas alométricas: altura, tamanho de copa e diâmetro do tronco, se deu após os primeiros 30 dias (entre os dias 12 e 18/02/2010). A segunda medida alométricas ocorreu entre os dias 11 e 20/06/2010 juntamente com a reposição da capoeira picada. A terceira entre os dias 10 e 16 de outubro e a quarta medida entre os dias 03 e 12 de fevereiro de 2011, totalizando com isso quatro medidas.

As espécies selecionadas estão descritas nos itens 1.10 a 1.15 do primeiro capítulo. As mudas foram adquiridas em diversos lugares, como: a ingá no viveiro da UFAM e a Leucena nos viveiros do INPA. Para execução das medidas de altura,

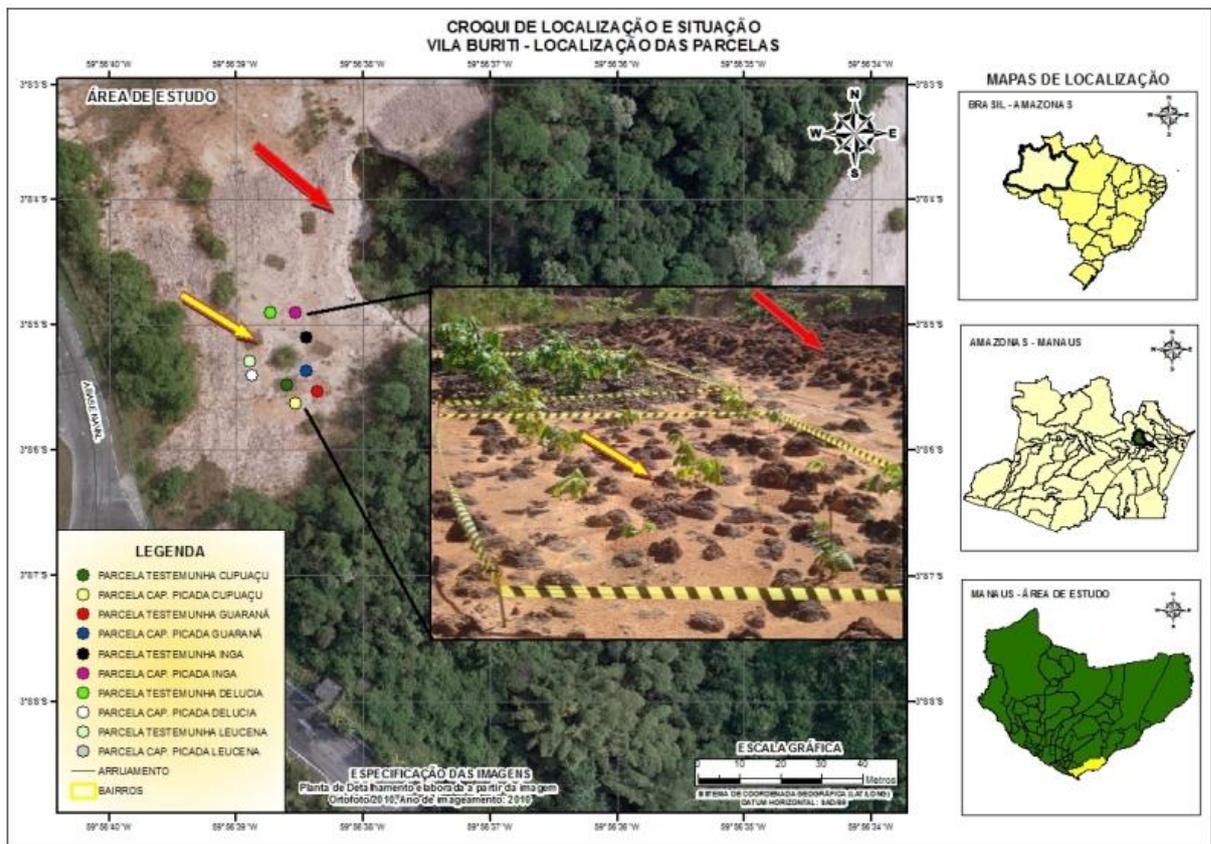
diâmetro do tronco e tamanho de copa, foi utilizado uma trena de 3 m, e um paquímetro digital (**Figura 30**).



**Figura 30:** Paquímetro digital usado para obtenção de medidas de diâmetro a 10 cm do solo.

**Foto:** Raimundo Nonato de Abreu Aquino, 2010.

Na condução dos experimentos foram adotados dois tratamentos: (1) parcelas com capoeira picada – biomassa vegetal; (2) controle, parcelas sem capoeira picada – biomassa vegetal. Cada tratamento contendo 15 plantas, totalizando 30 plantas de cada espécie selecionada (**FIGURA 31**).



**FIGURA 31** Distribuição das espécies nas parcelas na área de estudo. A linha preta indicando as parcelas com capoeira picada e sem capoeira picada. As duas setas vermelhas indicam as voçorocas. A seta amarela indica as crostas que se encontram no local.  
**Organização:** Karoliny Felix Vidal, janeiro/2012.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2x2 considerando 2 espécies e 2 tratamentos de adição de capoeira, com 6 repetições.

A avaliação das plantas foi realizada conforme Benincasa (1986) a altura é a distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta, que pode ser uma ramificação ou uma folha superior. No caso deste trabalho utilizou-se a superfície do solo até a última folha superior. Para obtenção das medidas do diâmetro do tronco das plantas foi realizada uma medida de 10 cm acima da superfície do solo. Conforme Durigan e Garrido (1992) “o diâmetro da copa é estimado a partir da projeção vertical dos limites da copa sobre o terreno. Às medidas obtidas foram tomadas do maior para o menor diâmetro em forma cruzada, tendo assim, uma média”.

Os valores determinados foram submetidos à análise de variância para verificar a significância entre tratamentos, empregando-se o teste de Tukey a 95% de significância; para comparação das médias nas análises estatísticas foi empregado o programa ESTAST (UNESP, Versão 2002). Adicionalmente, foram realizadas análises de regressões com posteriores ajustes de equações.

## CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Granulometria

Os resultados obtidos das análises granulométricas de argila, silte, areia e classe textural (**Tabela 1**) do solo demonstram que o teor de argila encontrada na maioria das parcelas é superior a 720 g/Kg com exceção da parcela 10 onde o teor de argila foi 695 g/Kg. Nas parcelas 3, 5, 6, 7, 9 e 10 observa-se teor de silte superior a 100 g/Kg e nas parcelas 1, 2, 4 e 8 teores inferiores a 100 g/Kg. Em relação aos teores de areia total percebe-se que em todas as parcelas encontram-se com teores superiores a 100 g/Kg. Assim, com esses resultados foi possível classificar como muito argilosa (Instituto brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2007). Os resultados encontrados estão de acordo com os trabalhos realizados por vários autores (MARQUES, *et al.*, 2004; MENEZES, 2006; VIEIRA, 2008; FERREIRA, 2009).

**Tabela 1** Análise granulométrica e classificação textural de um Latossolo Amarelo distrófico degradado, localizado na Siderama em Manaus (AM).

Profundidade 0-20 cm	g kg <sup>-1</sup>			Classe Textural
	Argila	Silte	Areia	
1	745	88,4	166,6	Muitoargilosa
2	770	86,5	143,5	Muitoargilosa
3	750	117,9	132,1	Muitoargilosa
4	765	98,4	136,6	Muitoargilosa
5	720	135,6	144,4	Muitoargilosa
6	735	124,2	140,8	Muitoargilosa
7	725	142,6	132,4	Muitoargilosa
8	795	76,8	128,2	Muitoargilosa
9	750	107,4	142,6	Muitoargilosa
10	695	176,9	128,1	Muitoargilosa

Manual Técnico IBGE (2007) –

### 4.2 Densidade Real (DR)

Os dados apresentado na (**Tabela 2**) mostram que não houve diferença entre as parcelas. Segundo Vieira (1975) a (Dp) não é afetada pela porosidade do solo e estes variam entre 2,50 e 2,75 g/cm<sup>-3</sup>. Para Kiehl (1979) seus valores variam de 2,3 e 2,9 g/cm<sup>-3</sup> ficando em média 2,65 g/cm<sup>-3</sup>. Os resultados das análises mostram que houve uma variação de densidade entre as parcelas ficando entre os valores de 2,43

e  $2,52 \text{ g/cm}^{-3}$ . Vieira (1975) ao analisar um Latossolo Amarelo em São Miguel do Guamá, no estado do Pará encontrou a Densidade real de  $2,48 \text{ g/cm}^{-3}$ . Marques (2009) ao realizar coleta de solo para determinação da densidade real em Latossolo Amarelo distrófico na Serra de Parintins, no Amazonas, encontrou uma densidade real similar a encontrada neste trabalho. Desta forma, pode-se dizer que a Densidade de partículas não varia muito de solos com a mesma classificação e mineralogia (REICHARDT, 1990). Os valores altos ou baixos encontrados estão ligados à presença de certos componentes minerais ou orgânicos, os quais podem influenciar mais diretamente no comportamento das plantas (KIEHL, 1979).

**Tabela 2** Densidade real, Densidade aparente, Porosidade de um Latossolo amarelo distrófico em Manaus-AM

Prof, 0-10 cm	Densidade Real	Densidade Aparente	Porosidade		
			Total	Macro	Micro
Parcelas	$\text{kgm}^{-3}$		$\text{kgm}^{-3}$		
1	2,46	1,08	0,56	0,12	0,43
2	2,48	1,12	0,55	0,14	0,41
3	2,51	1,29	0,49	0,05	0,43
4	2,51	1,29	0,49	0,05	0,52
5	2,49	1,22	0,51	0,10	0,41
6	2,50	1,33	0,47	0,02	0,45
7	2,43	1,31	0,46	0,01	0,45
8	2,52	1,31	0,48	0,04	0,44
9	2,51	1,33	0,47	0,03	0,44
10	2,52	1,27	0,49	0,06	0,44

❖ As parcelas 1, 3, 5, 7 e 9 contêm capoeira picada e as parcelas 2, 4, 6, 8 e 10 são as parcelas controle.

### 4.3 Densidade do solo (DS) ou Densidade Aparente (DA)

Os valores encontrados de (Da) nas parcelas variaram entre 1,08 e 1,33  $\text{g/cm}^3$  (Tabela 2), quando comparados com as parcelas com e sem capoeira picada; percebe-se que não houve diferença significativa. Segundo Kiehl (1979), as amplitudes de variação das densidades do solo situam-se dentro dos seguintes limites médios: solos argilosos, de 1,00 a 1,25  $\text{g.cm}^{-3}$  solos arenosos, de 1,25 a 1,40  $\text{g.cm}^{-3}$  solos húmiferos, de 0,75 a 1,00  $\text{g.cm}^{-3}$ ; solos turfosos, de 0,20 a 0,40  $\text{g.cm}^{-3}$ .

Diferente da ( $D_r$ ) a ( $D_a$ ) é um valor variável para um mesmo solo, alterando-se de acordo com sua estruturação. O manejo incorreto pode provocar a compactação, alterando a estrutura e, conseqüentemente, a densidade aparente (KIEHL, 1979). De acordo com Machado (2003), os valores de densidade do solo, de modo geral, quando acima de  $1.300 \text{ g/cm}^3$  podem prejudicar o crescimento das raízes e diminuir a produção das culturas. Os valores encontrados quando comparados ao trabalho de Marques *et al.*, (2004) realizado nos horizontes de um perfil de Latossolo Amarelo localizado na rodovia AM-010, Manaus encontrou os valores de ( $D_a$ ), ( $D_r$ ), ( $P_t$ ) ( $M_a$ ) e ( $M_i$ )  $1,10 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $2,56 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $0,56 \text{ kgm}^{-3}$ ,  $0,14 \text{ kgm}^{-3}$  e  $0,12 \text{ kgm}^{-3}$ , respectivamente, na profundidade 0,00 – 012, isso mostra não haver diferenças entre as áreas. A porosidade é importante para a relação solo e as plantas, pois, do volume de poros depende a densidade aparente e a resistência oferecida pelo terreno (KIEHL, 1979).

#### 4.4 Porosidade, microporosidade e macroporosidade

A porosidade é importante para a relação solo e as plantas, pois, do volume de poros depende a densidade aparente e a resistência oferecida pelo terreno (KIEHL, 1979). A estrutura do solo e o arranjo de partículas, o qual, por sua vez, determina em grande parte a distribuição de tamanho de poros. Desta forma, a determinação da porosidade de um solo reveste-se de especial interesse para avaliação de sua estrutura e qualidade.

Neste sentido, após a determinação dos poros foi possível avaliar os resultados obtidos e mostrado na Tabela 2. Nas parcelas 1 e 2 pode-se observar que a quantidade de microporos foi superior aos macroporos. De uma forma geral, em todas as parcelas o microporos foi superior. Isso é comprovado com a análise granulométrica (**Tabela1**).

Com relação aos dados obtidos (**Tabela 2**) são semelhantes aos encontrados por Marques *et al.*, (2002; 2004 e 2009) em trabalhos desenvolvidos em horizontes de perfil de Latossolo Amarelo localizados na rodovia AM-010 Manaus e na Serra de Parintins – AM. Souza *et al.*, (2004) realizaram um experimento nos agrossistemas caracterizados no Latossolo Amarelo muito argiloso, onde induziram a degradação dos atributos físicos na Universidade Federal do Amazonas. Coletaram amostras de solos nas diversas formas de plantio e quantificaram a partir dos resultados maiores

valores de densidade do solo e menores de macroporosidade e maiores de microporos: capoeira, guaraná, milho, laranja, pupunha e pastagem nas camadas iniciais. Estes dados confirmam os dados coletados neste trabalho aqui apresentado.

O maior teor de argila e maior microporosidade encontrados mostra estar de acordo com o nível de degradação da área de estudo que é altamente compactado. Quando o solo é compactado, sua resistência é aumentada e a porosidade total é reduzida à custa dos poros maiores (REICHARDT *et al.*, 2007). Estes resultados mostram que o solo desta área torna-se impróprio para o cultivo de algumas espécies. No entanto, verificou-se que a ingá e a leucena tiveram um bom desempenho, mesmo com as condições desfavoráveis. Portanto, essas duas espécies podem direcionar trabalhos para recuperação de solos degradados por processos erosivos do tipo voçoroca.

#### 4.5 Resistência a compactação

Os resultados obtidos de Resistência à Penetração (RaP) e Umidade é mostrada abaixo (**Tabela 3**). A profundidade que utilizou-se para discutir os resultados foi de 0,0 - 0,10 cm, devido à variabilidade da densidade do solo ser mais elevada na camada superficial, em virtude da influência dos fatores de manejo (SANTANA, 2009). Sendo assim, a discussão sobre Resistência à Penetração estará voltada para a profundidade de 0 - 0,10 cm para este estudo.

**Tabela 3** - Mapa na profundidade de 0,0 a 0,30 em 12 parcelas em Manaus-AM

Parcelas	Batidas (Profundidade)			Mpa (Profundidade)			Umidade %
	0,10 m	0,20 m	0,30 m	0,10 m	0,20 m	0,30 m	
1	4	6	13	8,79	13,27	23,91	40,00
2	4	12	15	8,79	22,79	27,83	36,00
3	12	16	14	22,23	29,51	26,15	33,00
4	20	17	16	36,23	31,19	29,51	40,00
5	19	22	20	34,55	39,03	36,79	33,00
6	29	21	19	50,79	38,47	34,55	34,00
7	19	19	18	34,55	33,99	33,43	34,00
8	29	26	19	50,79	46,87	34,55	34,00
9	14	17	16	26,71	30,63	30,07	33,00
10	15	17	17	28,39	31,19	31,19	34,00
Siderama	3	3	3	7,67	7,67	7,67	38,00
Ufam	2	1	3	5,99	4,31	7,67	36,00

Resistência à Penetração e Umidade nas parcelas 1 a 10, Siderama e UFAM, Manaus-AM.

Desta forma, os valores encontrados nas parcelas 1 e 2 não diferiram entre si. Contudo, os valores de MPa 8,79 para ambas parcelas são elevados, o mesmo ocorrendo com as demais. Menezes (2006) ao utilizar o penetrômetro de impacto Daiki em uma área altamente degradada na cidade de Manaus, encontrou o seguinte resultado para a camada de 0-10 cm: 7,55 MPa. Comparando os resultados percebe-se que não há uma diferença significativa. Nas demais parcelas (3, 5, 7 e 9) percebe-se que houve uma diferença em relação as parcelas (4, 6, 8 e 10). Os resultados obtidos na área de estudo (vegetação secundária) e UFAM (vegetação) onde se observou os menores valores (7,67 e 5,99 respectivamente). Segundo Canarache (1990) *apud* Camargo e Alleoni (2006), os valores acima 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes das plantas (**Tabela 4**). Observando-se a Tabela 4 e comparando com os resultados obtidos (**Tabela 3**), com base nesses índices e nas resistências à penetração obtidas nas parcelas avaliadas deve-se esperar limitações físicas ao crescimento radicular das plantas, pois o solo foi decapitado uns quatro metros, e desta forma, houve o tráfego de máquinas pesadas resultando em altos valores de RAP.

**Tabela 4.** Limites de classes de resistência de solos à penetração e graus de limitação ao crescimento das raízes

Classes	Limites	Limitações ao crescimento
Muito baixa	< 1,1	Sem limitações
Baixa	1,1 a 2,5	Pouca limitação
Média	2,6 a 5,0	Algumas limitações
Alta	5,1 a 10,0	Sérias limitações
Muito alta	10,1 a 15,0	Raízes praticamente não crescem
Extremamente alta	>15,0	Raízes não crescem

Adaptada de Canarache (1990) *apud* CAMARGO e ALLEONI (2006)

#### 4.6 Caracterização química do solo e determinações do teor e estoque de nutrientes na composição da capoeira picada (C, N, P, Ca, Mg, Mn, Fe)

Os dados obtidos na Tabela 5 referem-se ao solo antes do plantio e da inserção da capoeira picada nas parcelas. Sendo assim, os valores encontrados de

pH nas parcelas variaram entre 5,05 e 6,03 e em média 5,27. Segundo Moreira *et al.*, (2002), este valor é classificado como médio. Estes resultados conferem com trabalhos realizados por MARQUES (2004 2009 e 2010); FLORES e YUYAMA (2007); FERREIRA (2009) e PONTES (2009). O conhecimento do pH do solo é um elemento extremamente valioso, talvez aquele que permita mais amplas interferências sobre possíveis problemas de fertilidade do solo Wutke (1975) e para avaliar a disponibilidade de nutrientes para os vegetais a serem introduzidos (DIAS, 1998). Com relação aos dados obtidos de Al, Ca, Mg e K, estes variam entre 0,11; 0,59; 0,09 e 0,01 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup> e P 0,12 mg Kg<sup>-1</sup>, estes valores são classificados conforme Moreira *et al.*, (2002) muito baixo para Al, Mg, K, P e médio para Ca. Comparando os dados coletados na área de estudo com os de Marques (2010) na Serra de Parintins nota-se que os valores são similares. Para Fe, Zn e Mn, os resultados iniciais foram: 7,01; 0,35; 3,25 respectivamente.

Conforme Cochrane *et al.*, (1985), os teores de Fe encontrado neste solo é classificado como médio Zn e Mn como muito baixo. Ainda com os autores, os teores de N e MO 0,30 e 3,13 g kg<sup>-1</sup> são classificados como muito baixo para N e médio para MO. O Carbono encontrado em média foi de 0,18% e de acordo com Kiehl (1979) é considerado baixo. Após análise dos resultados obtidos de macro e micronutriente no solo da área experimental e comparado com dados de Ferreira (2009) obtidos numa área pertencente ao Círculo Militar de Manaus - CIRMAN percebeu-se que não houve diferença nos nutrientes avaliados. Portanto, diante destes resultados pode-se considerar este solo como altamente degradado.

Com relação aos resultados obtidos na Tabela 6 observa-se que não houve uma mudança de pH no solo nas parcelas 1, 3, 5, 7 e 9 em relação as média iniciais encontradas. Isso pode ser em função da incorporação da capoeira picada nas parcelas citadas (Tabela 8 resultado de material vegetal). O Al, Ca, Mg, K e P não houve diferença entre a parcela inicial e as parcelas impares da Tabela 7, com relação aos nutrientes determinados. O Fe e o N avaliados nas parcelas onde foi inserida capoeira picada houve um aumento significativo. O Zn e Mn não tiveram aumento significativo. Estes resultados quando comparado com o trabalho de Ferreira (2009) percebe-se que os valores de nutrientes avaliados são similares aos encontrados neste estudo.

**TABELA 5** - Resultados das análises químicas de um Latossolo Amarelo distrófico (Lad) antes da instalação do experimento em Manaus

Nº	IDENTIFICAÇÃO		pH	C	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Zn	Mn
	Prof.:	Descrição	H <sub>2</sub> O		g/kg		mg/kg			cmoc/kg			mg/kg	
1	0-20cm	Solo Inicial	6.03	3.73	6.43	0.43	0.26	0.01	1.50	0.21	0.00	9.70	1.30	2.30
2	0-20cm	Solo Inicial	5.44	2.83	4.88	0.38	0.17	0.00	0.92	0.09	0.00	6.30	0.90	0.50
3	0-20cm	Solo Inicial	5.19	1.73	2.98	0.31	0.08	0.00	0.58	0.08	0.10	7.40	0.30	3.20
4	0-20cm	Solo Inicial	5.16	1.79	3.09	0.32	0.17	0.00	0.51	0.09	0.10	7.60	0.10	7.70
5	0-20cm	Solo Inicial	5.12	1.13	1.95	0.21	0.08	0.01	0.22	0.04	0.20	7.40	0.00	2.50
6	0-20cm	Solo Inicial	5.17	1.50	2.59	0.28	0.11	0.01	0.45	0.08	0.10	6.80	0.10	1.10
7	0-20cm	Solo Inicial	5.27	1.58	2.72	0.41	0.08	0.00	0.42	0.08	0.10	7.40	0.10	5.80
8	0-20cm	Solo Inicial	5.05	1.29	2.22	0.17	0.08	0.01	0.33	0.05	0.24	8.10	0.00	2.90
9	0-20cm	Solo Inicial	5.15	1.33	2.29	0.25	0.08	0.00	0.45	0.05	0.14	4.80	0.50	4.70
10	0-20cm	Solo Inicial	5.08	1.24	2.14	0.27	0.08	0.00	0.50	0.09	0.14	4.60	0.20	1.80
		Média	5.27	1.82	3.13	0.30	0.12	0.01	0.59	0.09	0.11	7.01	0.35	3.25

**TABELA 6** - Resultados das análises químicas de um Latossolo Amarelo distrófico (Lad) depois da instalação do experimento em Manaus

Nº	IDENTIFICAÇÃO		pH	C	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Zn	Mn
	Prof.:	Descrição	H <sub>2</sub> O		g/kg		mg/kg			cmoc/kg			mg/kg	
11	0-20cm	Com Capoeira	5.5	2.22	3.83	0.08	0.17	0.00	1.15	0.12	0.00	8.00	0.50	0.32
12	0-20cm	Sem capoeira	5.7	4.87	8.40	0.04	0.26	0.10	1.60	0.31	0.00	7.90	1.10	2.11
13	0-20cm	com Capoeira	5.2	2.57	4.43	0.11	0.29	0.12	0.81	0.25	0.02	8.20	0.30	1.11
14	0-20cm	Sem capoeira	5.2	3.65	6.29	0.38	0.17	0.01	0.43	0.06	0.12	20.90	0.30	4.35
15	0-20cm	com Capoeira	5.3	1.66	2.86	0.07	0.76	0.01	0.40	0.09	0.10	9.30	0.30	0.46
16	0-20cm	Sem capoeira	5.0	2.00	3.45	0.07	0.17	0.08	0.38	0.14	0.09	7.20	0.20	0.68
17	0-20cm	com Capoeira	5.1	2.69	4.64	0.16	0.32	0.14	0.48	0.07	0.07	6.40	0.20	0.39
18	0-20cm	Sem capoeira	5.1	1.08	1.86	0.09	0.08	0.01	0.58	0.16	0.17	6.30	0.20	1.80
19	0-20cm	com Capoeira	5.0	2.18	3.76	0.09	0.20	0.10	0.43	0.05	0.12	7.60	0.40	2.39
20	0-20cm	Sem capoeira	5.1	1.22	2.10	0.06	0.14	0.00	0.13	1.03	0.18	8.20	0.20	0.45

**TABELA 7**– Análise comparativa das médias encontradas nas parcelas antes do plantio e os valores encontrados com a adição de capoeira picada nas parcelas 1, 3, 5, 7 e 9.

Nº Prot	IDENTIFICAÇÃO Prof. Nº (cm)	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn	C	M.O	N
		H <sub>2</sub> O		cmolc kg <sup>-1</sup>				mg Kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>		
	Solo antes do plantio	4.95	0.17	1.55	0.10	0.02	0.11	33. 85	0.31	3.25	1.82	3.12	0.30
	Solo apósplantio (p1)	6.41	0.03	1.46	0.09	0.01	0.11	7	0.7	0.32	0.222	0.382	0.008
	Solo apósplantio (p3)	6.31	0.05	1.21	0.23	0.08	0.14	8	0.3	1.11	0.257	0.443	0.011
	Solo apósplantio (p5)	6.65	0.17	0.58	0.07	0.01	0.75	9	0.3	0.46	0.166	0.286	0.007
	Solo apósplantio (p7)	6.38	0.4	0.44	0.16	0.09	0.2	7	0.3	0.39	0.269	0.463	0.016
	Solo apósplantio (p9)	6.03	0.17	0.74	0.13	0.06	0.08	7	0.4	2.39	0.218	0.375	0.009

**TABELA 8** - Análise química do material vegetal misto (capoeira picada) inserido nas parcelas 1, 3, 5, 7 e 9.

Nº Amostra	IDENTIFICAÇÃO Material vegetal misto (capoeira picada)	Ca g kg <sup>-1</sup>	Mg	K	P mg Kg <sup>-1</sup>	Fe	Zn	Mn	C g kg <sup>-1</sup>	M,O	N
1		16,07	3,14	6,67	1,66	71	31,0	186,5	474,7		14,02

Na tabela 9 são mostrados os resultados das características dos solos nas parcelas antes e após o experimento de adição de capoeira picada. Os valores de pH encontrados no solo após a inserção de capoeira foi bastante significativo. O Al, Ca, Mg e K não foi encontrado diferença entre as parcelas, no diz respeito aos nutrientes encontrados antes e após a inserção de biomassa vegetal. O P, Fe, Zn e Mn podem ser observados que os teores encontrados foram altamente significativos em relação aos resultados encontrados antes da inserção de capoeira picada. Enquanto o P, Zn e Mn foram significativos conforme o teste F realizado.

**Tabela 9** - Características químicas do solo das parcelas antes e após o experimento de adição de capoeira picada em Manaus, AM.

Solo	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn	C	M,O	N
	H <sub>2</sub> O		cmolc kg <sup>-1</sup>				mg Kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>		
Antes	4,95b	0,16a	1,55 a	0,10 a	0,27a	1,12a	33,85 a	0,31 a	3,25 a	1,81a	3,12a	0,30a
Depois	6,36a	0,17a	1,04 a	0,13 a	0,29a	3,69a	9,60b	0,53 b	1,41 a	2,41a	4,15a	0,11b
Teste F	181,34* *	0,01n s	228n s	93ns	2,25n s	1,46n s	29,17* *	2,19 *	5,17 *	47,12n s	1,83n s	19,74* *

Foi verificado ao final da última avaliação que não houve um aumento no pH do solo, que conseqüentemente melhoraria a disponibilidade de nutriente. No

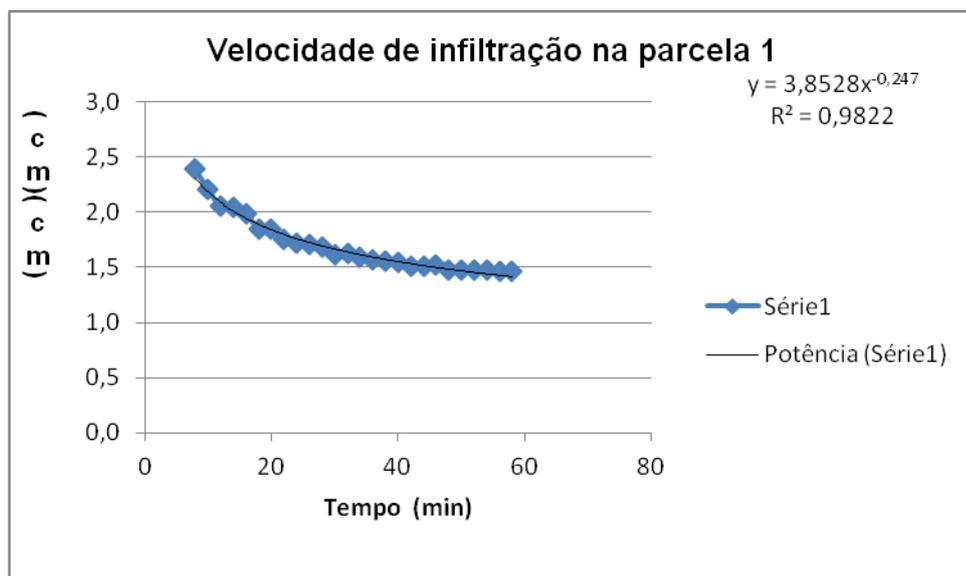
entanto, não houve um aumento significativo Ca, Mg e K. Segundo Primavesi (1988) quando o pH abaixa muito aquém de seus limites, isto também indica um solo compacto, adensado sujeito a erosão. O mesmo ocorre quando o pH se desvia muito para o lado alcalino, porém, a diferença é que o primeiro é pobre em cátions disponíveis e o outro os possui em excesso.

Diante destes resultados pode-se dizer que não houve uma melhoria na composição química do solo. No entanto, necessitar-se-ia de um tempo maior para avaliar se realmente ocorreu tal modificação. Portanto, a adição da biomassa vegetal (capoeira picada) pode ser uma alternativa para melhoria da estrutura do solo, juntamente com espécies adaptadas a ambientes degradados e conseqüentemente conter os processos erosivos do tipo voçoroca que ali se desenvolvem e em outras áreas.

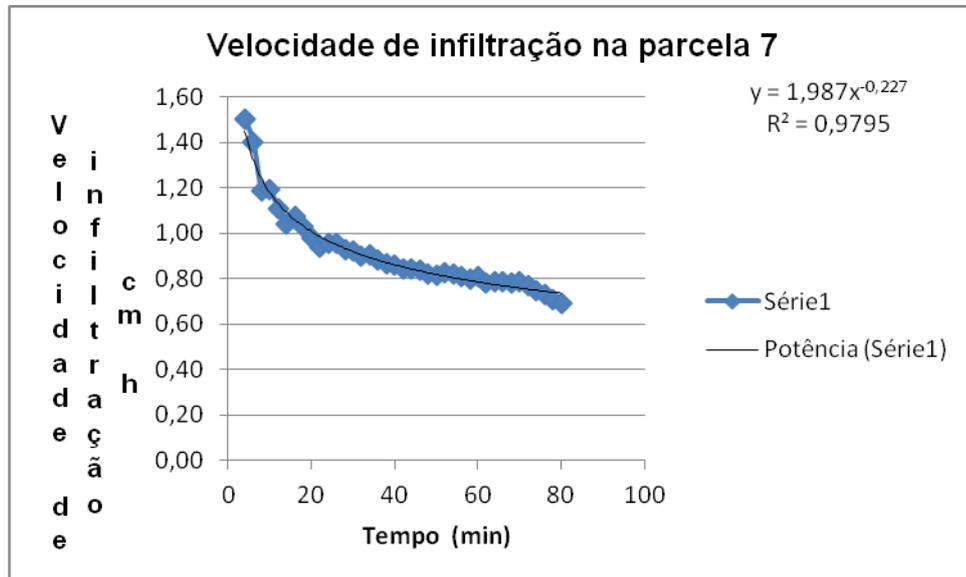
#### 4.7 Características hidráulicas de um Latossolo Amarelo distrófico (Lad)

Os resultados obtidos de infiltração para caracterização de um Latossolo Amarelo distrófico (LAd) (**GRÁFICOS 1,2 e 3**).

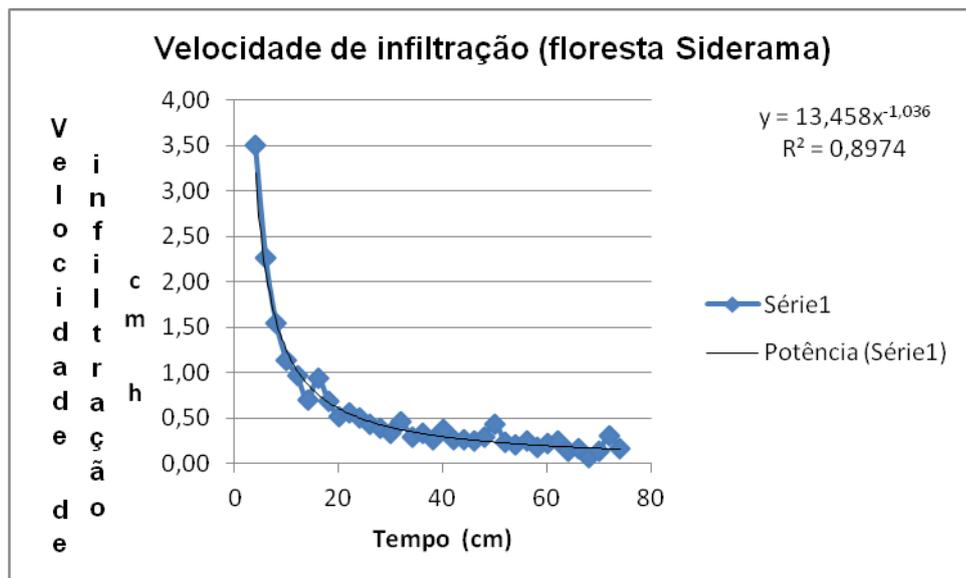
Os gráficos 1, 2 e 3 demonstram a velocidade de infiltração em três pontos distintos (P1, P7 e Vegetação secundária) na área de estudo. No gráfico 3 observa-se uma velocidade inicial mais rápida quando comparada gráficos 1 e 2 e também identificada no (**Quadro 8**).



**Gráfico 1** velocidade de infiltração na parcela 1 com adição de capoeira picada



**Gráfico 2** velocidade de infiltração na parcela 7 com adição de capoeira picada.



**Gráfico 3** Velocidade de infiltração em vegetação secundária na SIDERAMA, Manaus.

No Quadro 8 a velocidade de infiltração avaliada nas três parcelas mostra que para um tempo de 60 minutos, o teste realizado na vegetação secundária na SIDERAMA foi a que apresentou maior velocidade de infiltração em relação as demais parcelas analisadas. Este resultado se assemelha aos encontrados por

Fajardo *et al* (2010) em uma área de floresta primária, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, localizada ao norte de Manaus, AM.

**Quadro 8** - Desempenho da velocidade de infiltração em três pontos na Siderama Manaus-AM

Ponto	Velocidade de Infiltração (cm/h) para um tempo de 60 min
Parcela 1	2,80
Parcela 7	2,20
Vegetação secundária Siderama	4,70

Segundo Machado (2008), a cobertura vegetal é capaz de manter altas taxas de infiltração e diminuir consideravelmente as perdas de água e solo. Nos gráficos 1 e 2 a velocidade de infiltração é classificada por Reichardt (1990) como alto, pois estão entre 1,5 - 3 cm/h (**Tabela 10**).

**Tabela 10** - Classificação dos solos, segundo a infiltração básica (REICHARDT, 1990)

$K_o$	Valor
Muito alto	>3 cm/h
Alto	1,5 – 3 cm/h
Médio	0,5 – 1,5 cm/h
Baixo	0,5 – 0,1 cm/h
Muito baixo	<0,1 cm/h

A quantidade de microporos encontrada nas P1 e P7 diminuiu a velocidade de infiltração no solo. Segundo Mantovani (2009), em um mesmo tipo de solo, a velocidade inicial (VI) variará de acordo com a sua porcentagem de umidade, a porosidade e a ocorrência de camada de permeabilidade diferente ao longo do perfil.

As variações na velocidade de infiltração estão relacionadas com atributos tais como densidade do solo, macro e microporosidade e condutividade hidráulica (TAVARES FILHO *et al.*, 2006).

Segundo Reichardt (1990), o processo de infiltração é um processo desacelerado, isto é, rápido no início, decaindo com o tempo. Baseado nesta

afirmativa e observando os Gráficos 1, 2 e 3 e a Tabela 11, pode-se dizer que a velocidade de infiltração em ambas as parcelas foi rápida no início e aos 60 minutos houve uma estabilização na velocidade de infiltração. Das três parcelas analisadas, a parcela P7 apresenta a maior densidade e, conseqüentemente, uma menor porosidade total, ou seja, um menor espaço para ser ocupado por água e ar, isso ocorre em solo degradado, onde há uma redução da quantidade de água disponível (ARAÚJO *et al.*, 2004).

**Tabela 11** - Atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrófico, em três parcelas de um experimento Manaus-AM

Parcelas	Dr	Da	Porosidade			Umidade	Infiltração	Rap	Granulometria		
			Pt	Ma	Mi				Argila	Silte	Areia
P 1	2,46	1,08	0,56	0,12	0,43	40	2,8	8,79	745	88,4	166,6
P 7	2,43	1,31	0,46	0,01	0,45	34	2,2	34,55	725	142,6	132,4
Siderama	2,56	1,17	0,54	0,09	0,44	38	2,4	7,67	745 *	115,47*	139,53*

\*média

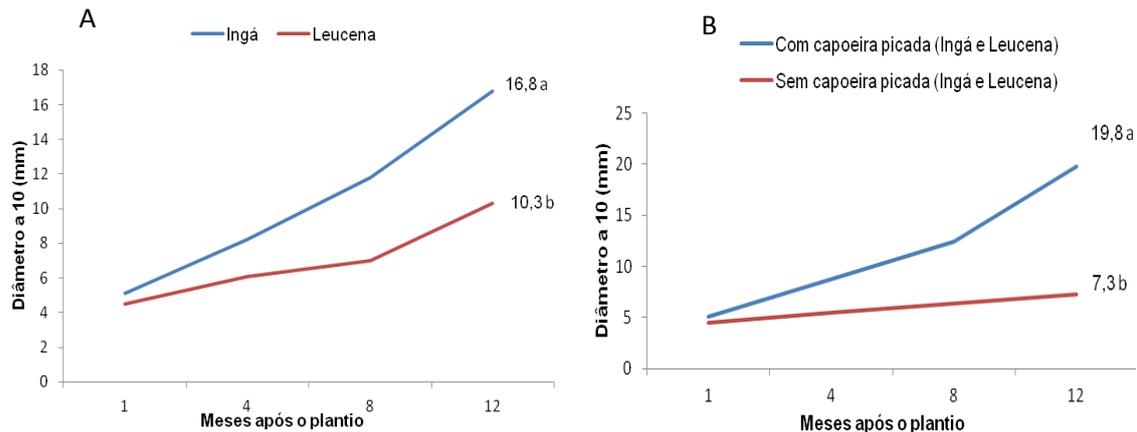
Outro ponto a ser destacado é quanto às medidas obtidas de resistência a penetração. Observa-se que na parcela da SIDERAMA a medida de resistência foi menor em relação às parcelas P1 e P7. Isso se deve ao aumento da porosidade. É interessante notar que, na parcela P7 houve um aumento dos macroporos em relação as P1 e a parcela da SIDERAMA. De acordo com Dedeczek (2005), o ponto máximo de compactação acontece no solo argiloso é na camada de 10 a 20 cm. Conforme Camargo e Alleoni (2006) deve-se tomar muito cuidado ao considerar o valor absoluto como referência para concluir se um solo está ou não compactado.

#### 4.8 Medidas alométricas(diâmetro a 10 cm do solo, altura e tamanho de copa)

Para efeito das medidas alométricas foi possível a utilização de 2 (duas) espécies (ingá e leucena) e a influência capoeira picada no desenvolvimento das espécies ao longo de 12 meses. Desta forma, os resultados obtidos após um ano de monitoramento (**Gráfico 04 A e B**), no que diz respeito ao diâmetro a 10 cm do solo. No primeiro mês, após a instalação do experimento observa-se que não houve

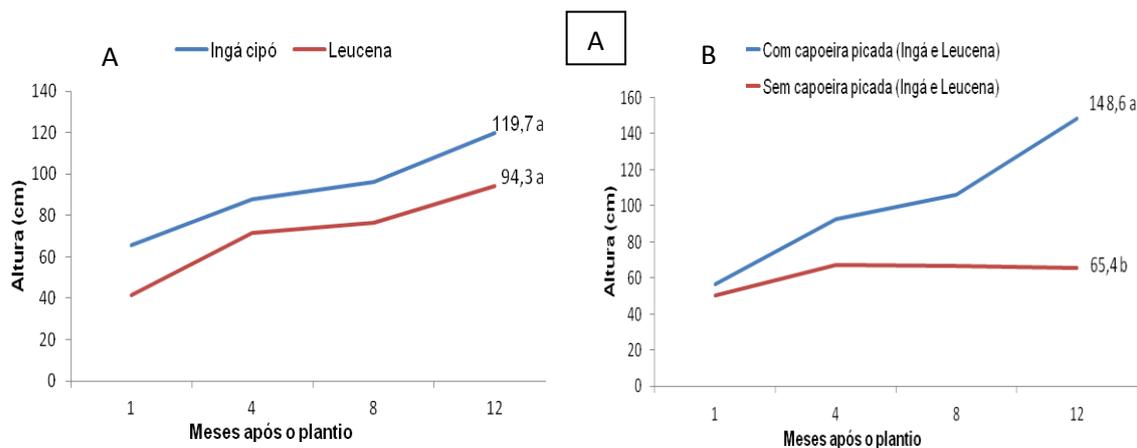
diferenças no diâmetro a 10 cm do solo entre plantas. A partir do quarto mês a ingá já era superior a leucena no que se refere ao diâmetro a 10 cm do solo.

Quanto à adição de capoeira picada observa-se que favoreceu, significativamente, o crescimento das plantas em diâmetro a 10 cm do solo, já a partir do 4º mês e se mantiveram até o final.



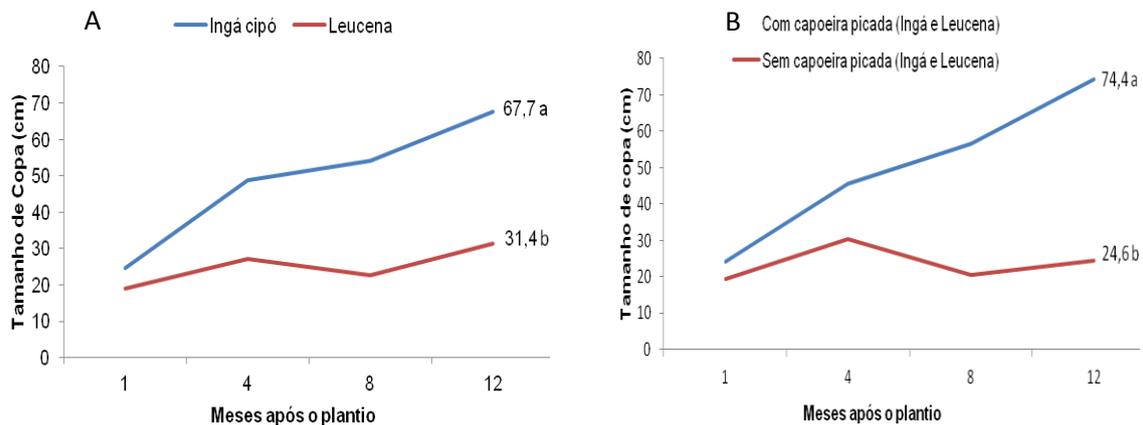
**Gráfico 04 A e B.** Desenvolvimento em diâmetro de duas espécies florestais (Inga e Leucena) plantadas em área degradada avaliada ao longo de 12 meses após plantio. O diâmetro foi mensurado a 10 cm do solo. (A) crescimento em diâmetro de Inga e Leucena a 10 cm do solo. (B) influência da biomassa vegetal (capoeira picada) no crescimento em diâmetro a 10 cm do solo.

Com relação aos dados obtidos de altura, só existiram diferenças entre as espécies no primeiro mês. As espécies não tiveram diferenças em altura após seu estabelecimento, mantendo-se até o fim da última coleta (**Gráficos 05 A e B**). Ambas as espécies são boas opções para recuperação de áreas degradadas.



**Gráfico 05 A e B.** Desenvolvimento em altura de duas espécies florestais (Inga e Leucena) plantadas em área degradada avaliada ao longo de 12 meses após plantio. A altura foi mensurada ao nível do solo. (A) altura em cm de Inga e Leucena. (B) influência da biomassa vegetal (capoeira picada) no crescimento em altura da ingá e leucena.

Para às medidas de tamanho de copa não houve diferença entre espécies no 1º mês. A partir do 4º mês as diferenças são altamente significativa entre as espécies e se mantendo até o final da última coleta. A ingá foi melhor adaptada às condições de campo e superou a leucena (**Gráfico 6 A e B**).



**Gráfico 6 A e B.** Desenvolvimento do tamanho de copa de duas espécies florestais (Inga e Leucena) plantadas em área degradada avaliadas ao longo de 12 meses após plantio. **(A)** crescimento do tamanho de copa em cm de Inga e Leucena. **(B)** influência da biomassa vegetal (capoeira picada) no crescimento do tamanho de copa em cm da ingá e leucena.

Em trabalho realizado por Ferreira (2009) quando avaliou o crescimento da *Bertholletia excelsa*, submetida a vários tratamentos em área degradada na cidade de Manaus, observou tratamento onde utilizou cobertura vegetal, pois o crescimento da planta foi melhor que em outros tratamentos. Segundo o autor “o maior conforto térmico e disponibilidade hídrica proporcionados pela cobertura do solo com o material vegetal nesse tratamento pode também ter favorecido o desenvolvimento das plantas”.

Os resultados obtidos ao longo de 12 (doze) meses mostram que a capoeira picada influenciou no desenvolvimento das espécies avaliadas. Além da função da capoeira picada servir como proteção contra os pingos da água da chuva que caem diretamente no solo e que na maioria das vezes causam a erosão, também contribuiu para reduzir as perdas de água por evaporação e diminuir a temperatura do solo, tornando o ambiente mais propício ao estabelecimento da vida do solo, possibilitando uma estruturação.

Quando compara-se os resultados encontrados do monitoramento das espécies (ingá e leucena) com os atributos físicos (granulometria, densidade real, densidade aparente, porosidade, macroporosidade, microporosidade, resistência a penetração, entre outros) atributos hídricos (capacidade de infiltração de água no solo) e atributos químicos (teores de nutrientes – micronutrientes e macronutrientes) percebe-se que estes atributos seriam limitantes ao desenvolvimento das espécies avaliadas, no entanto, não foi fator limitador.

Desta forma, a adição de capoeira picada pode ser uma alternativa para substituir os adubos químicos (FERREIRA, 2009), principalmente na Amazônia, onde o solo é deficiente de nutrientes e ácidos (VIEIRA, 1975; PRIMAVESI, 1988; FEARNSSIDE e LEAL FILHO, 2002; LEPSCH, 2002; FERREIRA *et al.*, 2003; VIEIRA, 2008). Por outro lado, vale ressaltar que deve-se conhecer o tipo material que está sendo inserido e para qual tipo de cultura será utilizado.

## CONCLUSÕES

De forma geral, este trabalho fundamentou-se em levantamento bibliográfico referente ao tema proposto. Portanto, buscou-se entender os termos reabilitação, recuperação e restauração, que frequentemente são mais utilizados na literatura nacional e internacional.

A forma de manejo e as técnicas de recuperação do solo têm que levar em conta as espécies selecionadas e suas características, para que possam obter sucesso. Além disso, a utilização de capoeira picada pode reforçar a recuperação destes ambientes, protegendo as áreas onde a vegetação foi implantada. E como foi visto, a revegetação desses ambientes é a forma mais eficaz que se tem até o momento e menos onerosa de recuperar áreas degradadas.

Os resultados mostraram que a classe textural determinada foi muito argilosa. Com este resultado o solo deveria ser limitante para todas as espécies avaliadas, no entanto, não foram para o ingá e a leucena.

A densidade de partículas ou real variou entre 2,46 e 2,52 g/cm<sup>3</sup> entre as parcelas com capoeira picada e sem capoeira picada. Isso mostra que a densidade de partículas não varia muito. Diferente da densidade de partículas a densidade aparente ou a densidade do solo variou entre 1,08 e 1,33 g.cm<sup>-3</sup> entre as parcelas com capoeira picada e sem capoeira picada. Onde o menor valor foi encontrado na parcela 1 e maiores nas parcelas 6 e 9.

Os valores de porosidade total encontrados variaram entre 0,46 e 0,56 g.cm<sup>-3</sup> nas parcelas estudadas, comprovando a alta quantidade de microporos encontrados quase em todas as parcelas em detrimento da baixa quantidade de macroporos. Isso dificulta a infiltração de água no solo e,conseqüentemente, aumenta o escoamento superficial que vai gerar sérios problemas ao ambiente.

Os altos valores encontrados com os testes de penetrômetro realizados nas parcelas mostram um alto grau de compactação do solo que pode estar associado às características do terreno, que alterou as propriedades físicas até 10 cm de profundidade.

A prática de manejo proporcionou condição ao tratamento efetuado com capoeira picada e, principalmente, no que se refere aos teores de pH, encontrado. Quanto aos teores de Al houve uma diminuição. Para Ca, Mg, K, P, Mn, Fe, Zn, MO ocorreu uma oscilação entre os valores encontrados nas parcelas avaliadas. Uma possível explicação para esta oscilação pode ter ocorrido em função da declividade do terreno, onde no período de chuva pode ter transportado nutrientes de uma parcela para outra.

De certa forma, pode-se dizer que houve uma melhoria de nutrientes no solo, no entanto, para que se possa afirmar realmente se houve ou não, se faz necessário um acompanhamento mais prolongado do experimento.

Os resultados obtidos de velocidade de infiltração mostraram que na parcela da SIDERAMA, com vegetação secundária foi a que mais se aproximou quando comparada com uma floresta primária. Isso se deve ao maior teor de matéria orgânica sob o solo. Essa cobertura faz com que haja uma melhor proteção, evitando desta forma, os impactos da chuva diretamente no solo o escoamento superficial, uma maior taxa de infiltração e,consequentemente, uma diminuição dos processos erosivos.

Os conhecimentos dos atributos físicos são de fundamental importância para o crescimento das plantas, que uma vez entendido como funcionam se tornarão mais eficientes os projetos que envolvam prevenção e recuperação de áreas degradadas. No caso aqui trabalhado, os processos erosivos do tipo voçoroca poderão ser evitados utilizando-se o conhecimento dos atributos do solo.

Contudo, ao final do que foi proposto para este experimento pode-se contar somente com duas espécies (ingá e leucena).

Após doze meses de monitoramento das espécies selecionadas para a avaliação, as espécies selecionadas que melhor se adaptaram ao ambiente degradado foram a ingá e a leucena. Entre as duas espécies, a ingá superou a leucena em tamanho de diâmetro a 10 cm do solo e tamanho de copa. Enquanto a leucena superou em altura a ingá.

Portanto, mesmo com as diversidades que o solo apresentava como, alta densidade e um alto teor de porosidade total onde a quantidade de microporos era superior aos macroporos, as espécies conseguiram se estabelecer. Tanto a ingá

quanto a leucena são espécies que podem ser utilizadas para contenção de processos erosivos e a capoeira picada é uma alternativa para melhoria da qualidade do solo, além de ser de baixo custo e não agredir o ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, W. A.P. & MELLO, J. W. V. de. **Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada**, In: **Recuperação de áreas degradadas**. UFV, Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa, 1998. p. 15

ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. U. e MUNIZ, J. A. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado**. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, v. 35, n.2, 2000. p.277-288.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; FILHO, W. M. & REGAZZI, A. J. **Características de alguns adubos verdes de interesses para a conservação e recuperação de solos**. Pesq. Agropec. Brás. Brasília. Vol. 30. Nº 2; fev. p.175-185, 1995.

ÂNGELO, J. G. M.; LENA, J. C. de; DIAS, L. E. ; SANTOS, J. B. dos. **Diversidade Vegetal em Áreas em Reabilitação de Mineração de Ferro na Mina de Alegria em Mariana-MG**, *Revista Árvore*: Viçosa, MG; vol. 26, Nº 2; p. 183-192, 2002.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 320p.

AYRES, Marta Iria da Costa. **Efeitos da calagem e adubação potássica na produção de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann) em sistemas agroflorestais do projeto RECA em Nova Califórnia – Rondônia**. Amazonas – UFAM, 2006.

BARBOSA, R.I. *et al.* Fenologia e visitantes florais de *Curatella americana* L., *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth e *Byrsonima coccolobifolia* Kunth em área de savana aberta de Roraima, norte da Amazônia Brasileira. In: **CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, 54.; REUNIÃO AMAZÔNICA DE BOTÂNICA, 3., 2003, Belém. Anais... Belém: Unama, 2003. 1 CD-ROM.

BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove. **Processos erosivos no domínio do Cerrado**. In.: **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. Orgs.: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da e BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. 5ª Ed. Rio de Janeiro. Bertrandt Brasil, 2010.

BENINCASA, Margarida M. P. **Análise de Crescimento de Plantas** (Noções Básicas).

BENTOS, T. V; Mesquita, R.C.G; Williamson, G.B 2008. **Reproductive phenology of central Amazon Pioneer trees. Tropical Conservation Science.** 1(3): 186-203  
 BOHRER, C.B.de A. e GONÇALVES, L. M. C. Vegetação. In: **Geografia do Brasil. Região Norte.** Volume 3. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. p.137-168.

BRIENZA JUNIOR, S., VIELHAUER, K. e VLEK, P. L. G. **Enriquecimento de capoeira: mudando a agricultura migratória na Amazônia Oriental Brasileira.** In: **Recuperação de áreas degradadas** DIAS, Luiz Eduardo; MELLO, Jaime Wilson Vargas de. UFV. Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa, 1998. p. 177-182.

CAPELA BISPO, C. J. C.; ROCHA, Edson José Paulino; SOUZA, Paulo Jorge Oliveira Ponte. **Balanço de Água na Soja: Estudos de Casos no Leste da Amazônia.** In: XIV Congresso de Meteorologia, 2006, Florianópolis. A Meteorologia a Serviço da Sociedade, 2006.

CASTRO, J. P. Campelo de. Reabilitação de áreas degradadas: aspectos legais. In: **Recuperação de áreas degradadas.** UFV, Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa, 1998. p. 9 – 13.

COELHO NETTO, Ana L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In.: **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos.** Org. Antonio José Teixeira Guerra. E Sandra Baptista da cunha. 8ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

COLLARES, G. L.; REINERT D. J. ; REICHERT, J. M. e KAISER, D. R. **Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo,** Pesq. Agropec. Brás. , Brasília; vol.41; N°11, Nov., 2006; p.1663-1674,

CORRÊA, Manuel Pio. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1999.

COSTA, J. B. de. **Caracterização e Constituição do Solo.** Fundação Calouste Gulbenkian, 3ª Edição, 1985.

COSTA, Newton de Lucena, TOWNSEND, Claudio Ramalho, MAGALHÃES, João Avelar e PEREIRA, Ricardo Gomes de A. **Desempenho agrônômico de genótipos de leucena em Porto Velho, RO.** LOCAL: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000. p.1-3.

DIAS, L. E. e GRIFFITH, J. J. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas, In: DIAS, Luis Eduardo e MELLO, Jaime Wilson (editores). **Recuperação de áreas degradadas.** UFV: Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa, 1998. Cap.01.p.01-07.

DIAS, Luiz Eduardo; GRIFFITH, James Jackson. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In: **DIAS, Luiz Eduardo; MELLO, Jaime Wilson Vargas de. Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: UFV. Departamento de Solos, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.1-7.

DORAN, J. W.; e PARKIN, T. B. Defining and Assessing Soil Quality, In: **DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. e STEWART, B. A. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment,** Soil Science Society of America, Madison, SSSA special publication number 5, 1994, 244p.

DORAN, J.W e PARKIN, T.B Defining end assessing Soil Quality. In: DORAN, J.B; COLEMAN, D.C; BEZDICEK, D.F e STEWART, B.A (eds.) **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Madison.** SSSA special publication number 5. 1994. 244p.

DURIGAN, Giselda; GARRIDO, Marco Antonio de Oliveira. Dendrometria de Essências Nativas. In.: **Anais 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 548-552.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1997.

ENGEL, V. L. e PARROTA, J. A. Definido a Restauração Ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYMA, P.Y; OLIVEIRA, R. E. ; MORAES, L. F. D. de; ENGEL,V. L. e GUANDARA,F. B. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais.** Botucatu:FEPAF,2003.p.03-26.

FACCI, L. D. **Variáveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos,** 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Pós-graduação – IAC, 2008.

FAJARDO, J. D. V., FERREIRA, S. J. F., MIRANDA, S. Á. F., MARQUES FILHO, A. O. **Características hidrológicas do solo saturado na reserva florestal Adolpho Ducke – Amazônia Central.** Revista Árvore, Viçosa – MG, v.34, n.4, p.677-684, 2010.

FALCÃO, M. A. e CLEMENT, C. R. **Fenologia e produtividade do ingá-cipó (Inga edulis) na Amazônia Central.** ACTA Amazônica v.30 (2), p. 173-180.

FEARNSIDE, Philip M. e LEAL FILHO, Niwton. **Solo e desenvolvimento na Amazônia: lições do projeto dinâmica biológica de fragmentos florestais.** INPA, 2002. p. 51

FERRAZ, R. P. D., DONAGEMMA, Guilherme K. D., ROSSI, C. Q. e POLIDORO, J. C. Fundamentos de Morfologia, Pedologia, Física e Química do Solo de Interesse no Processo de Recuperação de Área Degradada In.: **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. (Embrapa Solos. Documentos, 103)

FERREIRA, M. J. **Alterações físico-químicas do solo e características fisiológicas de plantas jovens de Bertholletia excelsa H. B. crescendo em área degradada e submetidas a diferentes Fontes de adubação**. (Dissertação em Ciências de Florestas Tropicais). Manaus, AM: Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais - INPA, 2008.

FLORES, W. B. C. & YUYAMA, K. Adubação orgânica e mineral para a produção de palmito da pupunheira na Amazônia Central. **Acta Amazônica**. Vol. 37 (4), p. 483-490, 2007.

FONTENELE, W. **Indicadores físicos e hídricos da qualidade de um Latossolo amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado do Piauí**. (dissertação de mestrado) Estado Teresina, Piauí, 2006. p. 52.

FORTES NETO, P. *et al.* Microbiota da Solo como Indicadora da Poluição do Solo e do Ambiente, In: **Microbiota do solo e qualidade ambiental** SILVEIRA, Adriana Parada Dias da e FREITAS, Sueli dos Santos. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007.

GONÇALVES, J. L. de M.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; DUCATI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, Paulo Yoshio; OLIVEIRA, Renata Evangelista de; MORAES, Luiz Fernando Duarte de; ENGEL, Vera Lex; GANDARA, Flávio Bertin. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu, SP. FEPAF, 2003. Cap.06.p.-113-163.

GROHMAN, Francisco. Porosidade. In: **Elementos de Pedologia**, MONIZ, Antonio C. *et al.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 77-84.

GUERRA, A. J. T. A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos. **BAHIA ANÁLISE E DADOS**: Salvador. V. 13; Nº ESPECIAL, 2003; p. 385-389.  
GUERRA, A. J. T. e MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.

GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas In: GUERRA, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011. Cap.01. p.13-42.  
GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas: In: Guerra, A. J. T. & CUNHA, B. S. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 4ª Ed.; 2001; p.149-195.

IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Brasília, IBAMA, 1990 96p.

KAGEYAMA, P. Y. & CASTRO, C. F. de A. Sucessão Secundária, Estrutura Genética e Plantações de Espécies Arbóreas Nativas, **Ipef**. Nº 41/42, p. 83-93, jan./dez. 1989.

KAGEYAMA, P. Y. ; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L. & GANDARA, F. B. (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais, Botucatu-SP**. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas Florestais, 2003, 340p.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. Editora Agronômica Ceres: São Paulo, 1979.262p.

KITAMURA, A. E; ALVES, M. C; SUZUKI, L. G. A. S & GONZALEZ, A. P. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto**. R. Bras. Ci. Solo; 2008, 32; p. 405-416.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G. & FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação, **Informe Agropecuário**: Belo Horizonte, v.22, Nº 210, Mai./jun., 2001; p. 10-17.

KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi Árido Brasileiro**. Brasília: EMBRAPA Semiárido. Brasília. 2005. 340p.

KOEPPEL, Wilhelm. **Climatologia**. Fondo de Cultura Econômica México-Buenos Aires, 1948.

LARSON, W. E. e PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a Measure of sustainable Management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. e STEWART, B. A. (eds) **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment soil Science Society of America, Madison**. SSSA special publication number 5.p.37-51.1994.

MACIEL NETTO, A.; ANTONINO, A. C. D.; AUDRY, P.; CARNEIRO, C. J. G.; DALL'OLIO, A. condutividade hidráulica não saturada de um podzólico amarelo da zona da mata norte de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n. 6, p. 1221-1228, 2000.

MAFRA, N. M. C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 301-322.

MAJER, J. D. Fauna studies na land reclamation technology: a review of the history and need for such studies. In: **Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed land**. J. D. Majer, coordinator, p 3-33. Londres, Cambridge University Press. 1989.

MALAVOLTA, E. *et al.*, **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª Ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.319p.

Manual técnico de pedologia. 2ª edição, 2007 IBGE

MARQUES, J. D.; LIBARDI, P. L.; JONG VAN LIER, Q. Relação entre horizontes pedológicos e propriedades Hidráulicas em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 26, núm. 3, 2002, pp. 567-577. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Viçosa, Brasil.

MARQUES, Jean Dalmo de Oliveira. **Influência de atributos físicos e hídricos do solo na dinâmica do carbono orgânico sob diferentes coberturas vegetais na Amazônia Central**. (Tese de doutorado). INPA/UFAM, Manaus, 2009.

MEDINA, H. P. Física do solo – **Constituição Física: In: Elementos de Pedologia**, MONIZ, Antonio C. *et al.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 11-20.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P. & MELLONI, R. **Aplicação de Atributos Físicos do Solo no Estudo da Qualidade de Áreas Impactadas em Itajubá/ MG**. Cernes, Lavras, v.12, Nº 3, p. 211-220, jul/set, 2006.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, poços de caldas, MG**. (Tese de doutorado). Rio Claro, São Paulo, 2004.139p

NASCIMENTO, João Tavares e SILVA, Ivandro de França. **Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo**.

NOFFS, P. da S.; GALLI, L. F. & GONÇALVES, J. C. Recuperação de Áreas Degradadas da Mata Atlântica: Uma experiência da CESP Companhia Energética de São Paulo. **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: Série Recuperação**; Caderno Nº 3. 2ª edição. São Paulo, 2000. 41p.

PANACHUKI, Elói. **Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura-pecuária**. (dissertação) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Campus de Dourados Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2003.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para área degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: Editora FAPI, 2008.239p.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. ZONTA, E. **Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio.** R. Bras. Ci. Solo, 28:207-213, 2004.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. **Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola,** Ambi-Água, Taubaté, Vol. 4; Nº 2, 2009; p. 188-199.

PONTES, Thelma Mendes. **Estoque de biomassa e de nutrientes de pousios enriquecidos com *Inga edulis* Martius em áreas com histórico de agricultura e pecuária no assentamento Tarumã-Mirím, Manaus-AM.** (Dissertação) INPA, Manaus, 2009.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Editora: Nobel; 9ªed.2ª reimpr. 1988.549p.

REBRAF – **Rede Brasileira Agroflorestal:** Informativo Agroflorestal. Março/1991. Vol. 2. Nº 3-4. Resumos Monográficos.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris, In: **Recuperação de áreas degradadas** DIAS, Luiz Eduardo; MELLO, Jaime Wilson Vargas de. UFV. Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa, 1998. p. 163-176.

REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: **KAGEYAMA, P.Y. et al. (Orgs.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu, SP, FEPAF, p. 91-110. 2003.

REIS, Nelson Joaquim (*et al.*). **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas.** – Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2006. 125 p.

RIBEIRO, José L. da S. (*et al.*). **Flora da Reserva Ducke:** Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999. 816p.

ROSSI, C. Q.; POLIDORO, J. C. Ciclos dos Nutrientes e sua Relação com a Nutrição de Plantas. IN: **TAVARES, Sílvia Roberto de Lucena. Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. (Embrapa Solos. Documentos, 103)

SANTANA, Stefane Cardoso. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul do Tocantins.**

(Dissertação) Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi. 2009.

SANTOS, A. M. G. **Aproveitamento de resíduos das culturas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*) como adubo orgânico em sistemas agroflorestais na Amazônia.** 2003. 49p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SAUTER, K. D. **Meso (Acari e Collembola) e Macrofauna (Oligochaeta) na recuperação de solos degradados.** P. 197.

SEIFFERT, N. F.; THIAGO, L. R. L. de. Legumineira - cultura forrageira para produção de proteína. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1983. 52p. (Embrapa-CNPGC. Circular técnica, 13).

SILVA, Fábio César. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

SILVEIRA, D. de C. *et al.*. **Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Série 34: 659-667, 2010.

SILVEIRA, D. de C; MELO FILHO, J. F. SACRAMENTO, J. A. A. S. e SILVEIRA, E. C. P. **Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia.** R. Bras, Ci. Solo; série 34, 2010, 659-667p.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) **International, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política, 2004, Princípios da (SER) International sobre a restauração ecológica,** www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SOUZA, A. das G. C.; SILVA, S. E. L.; TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. do R. L. A cultura do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng) Schum). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 20p. (Circular técnica, 2).

SOUZA, A. das G. C. de (*et al.*). **Boas Práticas Agrícolas da Cultura do Cupuaçuzeiro.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. 56p.

SUGUIO, K. **Solos e ambientes terrestres. In.: Mudanças Ambientais da Terra.** São Paulo: Instituto Geológico, 2008. p. 85-88.

TAVARES FILHO, J. FONSECA, I. C. de B.; RIBON, A. A.; BARBOSA, G. M. de C. **Efeito da escarificação hidráulica saturada de um latossolo vermelho sob plantio direto.** Ciência rural, Santa Maria, v.36, n. 3, p. 996-999, mai-jun, 2006.

TAVARES, A. M *et al.* **Cultura do guaranazeiro no Amazonas.** Embrapa Amazônia Ocidental, 4ª Edição 2005. 40p.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. S & GONÇALVES, A. C. A. Densidade, Porosidade e Resistência à Penetração em Latossolo Cultivado sob diferentes sistemas de preparo do Solo. **Scientia Agricola**. Vol. 59, Nº 4, p. 795-801. Out./dez., 2002.

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos, e processamento**. Belém: Clube do cupu, 1993. 108p.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. (Tese de doutorado). Florianópolis: UFSC/CFH, 2008. 310p.

VIEIRA, Lúcio Salgado. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1975.

WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E., GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. da C. de e ALVES, L. da S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco, AC: EMBRAPA ACRE, 2003. p. 29.

WUTKE, A. C. P. Acidez: In: **Elementos de Pedologia**. MONIZ, Antonio C. *et al.* Rio de Janeiro; Livros Técnicos e Científicos, 1975.