



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

CRISTIANE JUCÁ SANTANA

TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA APLICADAS ÀS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE URBANAS – PRESIDENTE PRUDENTE, SÃO PAULO

Presidente Prudente

2011

CRISTIANE JUCÁ SANTANA

TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA APLICADAS ÀS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE URBANA – PRESIDENTE PRUDENTE/SP

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente da UNESP/FCT *campus* de Presidente Prudente, como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Renata Ribeiro de Araujo

Presidente Prudente

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

S223t Santana, Cristiane Jucá.
Técnicas de Bioengenharia Aplicadas às Áreas de Preservação Permanente Urbanas – Presidente Prudente, São Paulo / Cristiane Jucá Santana. - Presidente Prudente : [s.n], 2011
100f. : il.
Orientador: Antonio Cezar Leal
Trabalho de conclusão (bacharelado – Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia
1. Áreas de Preservação Permanente. 2. Bioengenharia. 3. Recuperação Ambiental. I. Leal, Antonio Cezar. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Técnicas de Bioengenharia Aplicadas às Áreas de Preservação Permanente Urbanas – Presidente Prudente, São Paulo.

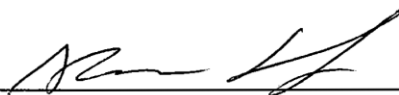
TERMO DE APROVAÇÃO

II

CRISTIANE JUCÁ SANTANA

**"TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA APLICADAS ÀS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE URBANAS – PRESIDENTE PRUDENTE, SÃO PAULO"**

Trabalho de graduação aprovado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências e Tecnologia, *campus* de Presidente Prudente – SP, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Antonio Cezar Leal (Orientador)

Profª. Dra. Renata Ribeiro de Araújo (Co-orientadora)



Prof. Ms. Eduardo Pizzolim Dibieso



Profª. Dra. Maria Cristina Rizk

Presidente Prudente, 05 de dezembro de 2011.

CRISTIANE JUCÁ SANTANA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois sem Ele nada poderia ter realizado.

Agradeço aos meus pais, Lourival e Maria Helena por terem ensinado que educação vem em primeiro lugar e pelo apoio emocional e financeiro durante esses belos cinco anos. Sem mencionar o amor, compreensão e incentivo para prosseguir nessa jornada.

Agradeço imensamente a Engenharia Ambiental TURMA VI, pois esta turma foi a minha família nesse “sertão” do Oeste Paulista.

Agradeço ao “Pode ser grupo de 6?”, pois foi com vocês que realizei os melhores trabalhos, que tive grande apoio, incentivo e imensa amizade. Obrigada Karen, Kiemi, Diego, Mariana e Larissa.

Agradeço ao Marcelo pelo amor, carinho, incentivo e compreensão para que pudesse enfim, concluir mais esta etapa de minha vida.

Agradeço ao Sr. e Sra. Aoki, pelo carinho e apoio durante os dias eventuais que passei em Machado.

Agradeço aos meus professores de graduação, em especial aos com que tive projetos (Silvio Rainho, Luis Barone, Cezar Leal), pois com vocês me interessei mais ainda pela pesquisa e por querer fazer algo mais.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo, o que permitiu a realização de um Projeto de Iniciação Tecnológica e Inovação no final da minha estada pela faculdade.

Agradeço aos integrantes do GADIS, pois ali tive dias de interatividade e troca de ideias e experiências. Obrigada Yara, Amilcar, Fernanda, Rubens, Franciane, Marcela, Rafael e a você que posso não ter mencionado.

Agradeço por fim, porém não menos importante, à Empresa Jr. GeoAmbiental Jr. onde passei três dos cinco melhores anos universitários.

E agradeço a você, que se interessou em ler este trabalho de graduação.

Muito Obrigada!

“Até mais, e obrigado pelos peixes!”

Douglas Adams

RESUMO

Existe uma demanda de incorporar a “natureza” na cidade, de maneira a responder os desejos de toda a população. A valorização da água, um componente fundamental da qualidade da paisagem, torna-se nesse contexto um elemento fundamental tanto pelo seu potencial ecológico como pelo seu potencial para atividades de lazer. As áreas que mais sofrem impactos são as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e este trabalho, fará uma ponderação sobre a interface urbanização - APPs.

Tendo como área de estudo a bacia do Córrego do Limoeiro, no contexto do manancial Balneário da Amizade, especialmente a nascente contida entre os bairros residenciais Maré Mansa e Parque Imperial, município de Presidente Prudente e Álvares Machado, São Paulo, esse trabalho objetiva a busca e o emprego de conhecimento a respeito de tecnologias e técnicas de recuperação ambiental, com ênfase à bioengenharia, mediante uma caracterização ambiental desta bacia, tendo em vista a incorporação da natureza na vida da população urbana.

A metodologia de trabalho inclui: revisão bibliográfica com prioridade a temas referentes à APPs, parques lineares, legislação ambiental pertinente; caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Limoeiro; estudo de tecnologias e técnicas de recuperação ambiental de bioengenharia de solos e de implantação de parques lineares; elaboração de propostas para a recuperação ambiental das APPs na bacia do Córrego do Limoeiro, focando na nascente existente entre os bairros residenciais em questão e para implantação de parques lineares nesses referidos bairros; análise e sistematização de dados e informações, gerando-se textos, tabelas, quadros e mapas os quais subsidiarão a elaboração de propostas e recomendações para a tecnologia de recomposição ambiental.

Por fim, o presente trabalho apresentará um projeto de recuperação para a nascente contida entre os bairros residenciais Maré Mansa e Parque Imperial, contendo, principalmente a sua elaboração por métodos de bioengenharia de solos, e também apresentará propostas de melhoria na urbanização da praça pública, como área de lazer, e no calçamento na área leste do bairro Maré Mansa.

Os resultados serão disponibilizados ao Comitê das Bacias Hidrográficas e às Prefeituras Municipais de Presidente Prudente e Álvares Machado, visando subsidiar o planejamento ambiental e urbano e ações de intervenção nesta bacia hidrográfica, para melhor qualidade ambiental e de vida aos moradores.

Palavras chave: Áreas de preservação permanente. Bioengenharia. Parques lineares urbanos. Recuperação ambiental. Manancial Balneário da Amizade.

ABSTRACT

There is a demand to incorporate the "nature" in the city in order to meet the wishes of the entire population. The valuation of water, a key component of the quality of the landscape, becomes a key element in this context both for its ecological potential because of their potential for recreational activities. The areas that suffer most impacts are the Permanent Preservation Areas (PPAs) and this paper will be a weighting on the urban interface - PPA.

With the study area the basin of the stream of Limoeiro, in the context of the Friendship Fountain Balneary, especially the source contained between residential neighborhoods Maré Mansa and Parque Imperial, the city of Presidente Prudente and Álvares Machado, Sao Paulo, this paper aims to search and use of knowledge about technologies and techniques of environmental restoration, with emphasis on bioengineering, through an environmental characterization of the basin, with a view the incorporation of nature in the lives of the urban population.

The methodology includes: literature review priority issues related to the PPAs, linear parks, relevant environmental legislation, environmental characterization of the watershed of the stream Limoeiro; study of technologies and techniques for environmental remediation of soil bioengineering and implementation of parks linear, development of proposals for the environmental recovery of PPA in the basin of the stream Limoeiro, focusing on emerging between the residential neighborhoods in question and for the implementation of linear parks referred to in these neighborhoods, analysis and systematization of data and information, generating texts , tables, charts and maps which will help to elaborate proposals and recommendations for environmental restoration technology.

Finally, this paper presents a recovery project for the source contained between residential neighborhoods Maré Mansa and Parque Imperial, consisting primarily of their preparation by methods of soil bioengineering, and also submits proposals for improvements in the urbanization of the public square, as a recreational area, and the pavement in the area east of Mare Mansa district.

The results will be available to the Watershed Committee and the Municipal Governments of Presidente Prudente and Álvares Machado, to support the environmental and urban planning and intervention activities in this watershed, and for better environmental quality of life for residents.

Keywords: Permanent Preservation Areas. Bioengineering. Linear Urban Parks. Environmental Restoration. Friendship Fountain Balneary.

Lista de Figuras

Figura 1	Localização da área de estudo.....	15
Figura 2	Fatores de Degradação dos ecossistemas florestais.....	23
Figura 3	Biomantas antierosivas, tendo como matérias-prima fibra de coco e palha agrícola.....	42
Figura 4	Aplicação das biomantas em talude de corte.....	44
Figura 5	Tipos e características dos grampos para fixação de biomantas.....	45
Figura 6	Número de grampos utilizados para fixação das biomantas de acordo com a inclinação do talude.....	45
Figura 7	Bermalonga fabricada industrialmente com fibras vegetais, prensadas e envolvidas por uma rede resistente de polipropileno.....	47
Figura 8	Disposição das bermalongas perpendicularmente ao sentido do escoamento superficial da enxurrada.....	47
Figura 9	Exemplo de retentor orgânico de sedimentos do tipo bermalonga associado ao plantio de capim Vetiver sp. fixado de maneira transversal ao sentido de escoamento de água no talude de corte.....	48
Figura 10	Vista em planta e corte da construção de paliçadas de madeira.....	49
Figura 11	Desenho esquemático de preenchimento de concavidades erosivas com uso de retentores de sedimentos	50
Figura 12	Método construtivo do solo envelopado.....	51
Figura 13	Revitalização da margem do rio utilizando solo envelopado e madeira com estacas vivas - Santa Luzia-MG, Rio das Velhas.....	51
Figura 14	Diagrama esquemático da instalação de um sistema de estacas vivas já estabelecido e em pleno desenvolvimento.....	52
Figura 15	Revitalização do solo utilizando madeira e estacas vivas - Santa Luzia - MG, Rio das Velhas.....	53
Figura 16	Uso de estacas vivas com redes de juta para proteger o talude.....	53
Figura 17	Diagrama esquemático de uma estaca viva.....	54
Figura 18	Diagrama esquemático de uma caniçada viva.....	55
Figura 19	Demonstração da aplicação de hidrossemeadura em taludes de corte com leiras de bermalonga.....	57
Figura 20	Desenho esquemático do microcoveamento.....	58
Figura 21	Diagrama esquemático de uma instalação em desenvolvimento de camadas de ramos em um talude de corte mostrando as camadas alternadas de ramos vivos alternadas entre ramos vivos colocados em terraços estreitos escavados na encosta.....	59
Figura 22	Diagrama esquemático de uma instalação de camadas de ramos mostrando as camadas alterndas de feixes de ramos vivos inseridos entre leiras de solo envolvidas por geotêxteis sintéticos ou naturais.....	61
Figura 23	Diagrama esquemático de uma instalação em desenvolvimento de empacotamento de ramos (branchpacking). Visão lateral e visão frontal.....	63
Figura 24	Esquema de um sistema de aterro vivo para o reparo de voçorocas em desenvolvimento. visão lateral e visão frontal.....	64
Figura 25	Determinação do método apropriado em função da inclinação da margem.....	68
Figura 26	Visualização dos bairros e dos pontos de estudo.....	71
Figura 27	Situação na margem esquerda do bairro Maré Mansa, com pontos de bota fora, e ausência de calçamento. P1: Região com diversos pontos de “bota fora” e a ausência de calçamento. P2: Ponto em que é possível a entrada na APP e onde se visualizou a presença de gado. P3: Área com vegetação vigorosa, porém com ausência de calçamento. P4: Área desnivelada, com processos erosivos e com ausência de calçamento.....	73

Figura 28	Carta das APP presente no entorno dos Bairros Maré Mansa e Pq. Imperial, em destaque o trecho de estudo.....	75
Figura 29	Visualização da degradação na área da nascente.....	76
Figura 30	Praça Pública para lazer.....	78
Figura 31	Placas indicativas de restrição de que se jogue lixo e entulho indevidamente.....	80
Figura 32	Lixo e entulho jogados indevidamente.....	80
Figura 33	Dimensões ideais para um bom calçamento.	82
Figura 34	Situação do calçamento das Adjacências da APP.....	82
Figura 35	Modelo de calçamento entretravado.....	82
Figura 36	Recuperação na saída da tubulação.....	85
Figura 37	Proposição de aplicação da técnica de solo envelopado com estaqueamento às margens da nascente.....	86
Figura 38	Esquema de covas para cursos d'água.....	89
Figura 39	Área para apresentações ao ar livre.	90
Figura 40	Exemplo de iluminação noturna.....	91

Lista de Quadros

Quadro 1	Classificação das medidas de proteção de encostas e controle de erosão.....	38
Quadro 2	Síntese de algumas das principais técnicas de Bioengenharia.....	66
Quadro 3	Lista de espécies nativas para reflorestamento.....	87
Quadro 4	Lista de espécies nativas para reflorestamento – espécies secundárias e clímax.....	88

Lista de Tabelas

Tabela 1	Espaçamento recomendado para caniçadas vivas em encostas.....	56
Tabela 2	Espaçamento da camada de ramos recomendado em encostas.....	60

Lista de Siglas

APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
EEB	Empréstimo Entre Bibliotecas
UNESP	Universidade Estadual Paulista
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
GLASOD	Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation
OMS	Organização Mundial da Saúde
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SER	Society for Ecological Restoration (Sociedade para Restauração Ecológica)
PRCEs	Produtos em Rolo para Controle de Erosão
H:V	Horizontal:Vertical
FAO	Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. JUSTIFICATIVA.....	16
1.2. OBJETIVO.....	17
1.3. METODOLOGIA	18
2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM ESPAÇOS URBANOS E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	20
2.1. ÁREAS DEGRADADAS.....	20
2.2. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	20
2.2.1. SÍNTESE DE TERMOS RELACIONADOS À RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	21
2.2.2. FATORES DE DEGRADAÇÃO	22
2.3. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E OS ESPAÇOS VERDES	23
2.4. A CONAMA 369/2006: SUBSÍDIOS LEGAIS PARA INTERVIR EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE...	25
2.5. ÁREAS VERDES	28
2.6. FUNDOS DE VALE	29
2.6.1. O PERÍODO HIGIENISTA.....	29
2.6.2. PERÍODO CORRETIVO	30
2.6.3. PERÍODO SUSTENTÁVEL	30
2.7. DEGRADAÇÃO EM APPS URBANAS	31
3. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	33
3.1. TÉCNICAS USUAIS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	34
3.2. BIOENGENHARIA COMO TECNOLOGIA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	35
3.2.1. VANTAGENS DOS MÉTODOS DA BIOENGENHARIA DE SOLOS	36
3.2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS DIFERENTES SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	37
3.2.3. AS EDIFICAÇÕES INERTES	38
3.2.4. AS EDIFICAÇÕES VIVAS	39
3.2.5. SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO MISTOS	39
3.2.6. LIMITAÇÕES DA BIOENGENHARIA	40
4. TÉCNICAS E MÉTODOS DE BIOENGENHARIA.....	41
4.1. GEOSSINTÉTICOS.....	41
4.1.1. RETENTORES DE SEDIMENTOS.....	45
4.1.1.1. BERMALONGAS	46
4.1.1.2. PALIÇADAS DE MADEIRA	48
4.1.1.3. PREENCHIMENTO DE CONCAVIDADES EROSIVAS.....	49
4.2. SOLO ENVELOPADO VERDE	50
4.3. ESTACAS VIVAS	51
4.4. CANIÇADAS VIVAS.....	55
4.5. HIDROSSEMEADURA.....	57
4.6. CAMADAS DE RAMOS OU VASSOURAS (BRUSHLAYERING)	58
4.7. GEOGRELHAS VEGETADAS.....	60
4.8. EMPACOTAMENTO DE RAMOS (BRANCHPACKING).....	63
4.9. ATERRO VIVO PARA O REPARO DE VOÇOROCAS.....	64
4.10. AÇÕES E FERRAMENTAS NO MANEJO DE CURSOS DE ÁGUA.....	67
5. ESTUDO DE CASO NO BAIRRO RESIDENCIAL MARÉ MANSA E PARQUE IMPERIAL, PRESIDENTE PRUDENTE/SP	70
5.1. CARATERIZAÇÃO DO PROBLEMA	72
5.1.1. ADJACÊNCIAS À ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	72
5.1.2. NASCENTE.....	74
5.1.3. ÁREA DE LAZER	77

6.	PROPOSTAS PARA RECUPERAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO.....	79
6.1.1.	ÁREA ADJACENTE À ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	79
6.1.2.	RECUPERAÇÃO DA NASCENTE.....	83
6.1.3.	PARQUE LINEAR.....	90
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
8.	REFERÊNCIAS.....	93
	BIBLIOGRAFIA	99

1. INTRODUÇÃO

A importância da compleição dos rios na malha urbana das cidades é ressaltada por alguns aspectos relevantes. Inicialmente sob o ponto de vista ecológico e ambiental, as margens dos rios são locais especiais onde, devido à interconexão entre água, ar e solo, algumas das mais bem-sucedidas associações de espécies vegetais podem ser encontradas. As águas urbanas, nas suas diversas formas, exercem um enorme poder de atração. São tão importantes e atrativos que, mesmo poluídos ou degradados, grandes ou pequenos, são utilizados para fins cerimoniais, circulação, comércio, ou mesmo recreação e lazer, por que a água, além de ser fonte de vida, conforto e bem-estar, é também símbolo de poder e vida nova (SILVA, 2010).

Estas margens de rios, dentro do território nacional, são consideradas pela legislação ambiental como Áreas de Preservação Permanente (APPs) definida no Art. 1º, Parágrafo 2º Inciso II da Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que Institui o Novo Código Florestal, sendo assim, proibidas de edificações, mas, segundo Friedrich (2007), na realidade se caracterizam como espaços residuais da paisagem natural remanescente, quando existente, e se encontram geralmente invadidas e degradadas pelo modelo de urbanização adotado até hoje.

As áreas de preservação permanentes, na forma como foram criadas, são consideradas como instrumentos utilizados pelo Poder Público para proteger uma parte do território com o objetivo de direcionar o uso adequado da APP a fim de promover, para além da preservação de recursos naturais, a melhoria da qualidade de vida dos habitantes, em função de outros benefícios gerados pelo equilíbrio de sua função ambiental, (MARTINS e SOUSA, 2009).

Considerando a importância de áreas verdes urbanas para manutenção do equilíbrio ambiental das cidades, a dinâmica das cidades e os conflitos gerados pela ocupação destas áreas de adensamento das áreas urbanas, a qual ocorrida de forma predominantemente desordenada, culmina em diversos impactos ambientais. (ROSSI et al. 2009)

Segundo Tucci (2005), dentre as possíveis formas de encontrar o equilíbrio entre o processo de urbanização contemporâneo e a preservação do meio ambiente, o parque urbano surge com novos contornos culturais e estéticos, desenhando o perfil, devendo ser encarado nos seus diferentes tempos, funções e uso.

Na busca em adaptar o espaço natural em áreas de fundo de vale a uma realidade possível de ser mantida, ressurgem na atualidade a proposta de readequação do uso deste espaço

desocupado através dos parques lineares, inspirados nas tendências européias e norte americanas de renaturalização e corredores ecológicos (FRIEDRICH, 2007).

Para ser realizada uma melhor análise da temática proposta, utiliza-se a Lei 6.766/79 com alteração pela Lei nº 9.785/99 (Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências), Lei nº 4.771/65 (Institui o Novo Código Florestal) e alterações: Resolução CONAMA nº 302/2002 (Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno), Resolução CONAMA nº 303/2002 (Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente) e Resolução CONAMA nº 369/2006 (Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP) que possibilitou entender sobre as condições ambientais das Áreas de Preservação Permanente. Dessa forma, intervenções em APPs poderão ser feitas mediante o enquadramento nas legislações e resoluções acima citadas, e ter como sua diretriz a Resolução CONAMA 369/2006 que no seu Art. 1º define:

“Esta Resolução define os casos excepcionais em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP, para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental” (Resolução CONAMA 369/2006; Art.1º).

Dessa forma, o instrumento Parque linear vem sendo apontado pela bibliografia atual como uma medida sustentável de uso e ocupação de áreas de fundo de vale em espaços urbanos, nos meios ambientais, sociais, econômicos e culturais. (FRIEDRICH, 2007).

Alem disso há um crescente número de municípios brasileiros que estão buscando implantar este instrumento como medida de prevenção ou remediação do estado degradante em que se encontram as áreas urbanas marginais aos cursos d'água.

Como área de estudo foi escolhida a bacia do Córrego do Limoeiro, no contexto do manancial Balneário da Amizade, de maneira especial a nascente e trechos de curso d'água contidos nas adjacências dos bairros residenciais Maré Mansa e Parque Imperial, município de Presidente Prudente e Álvares Machado, São Paulo (Figura 1).

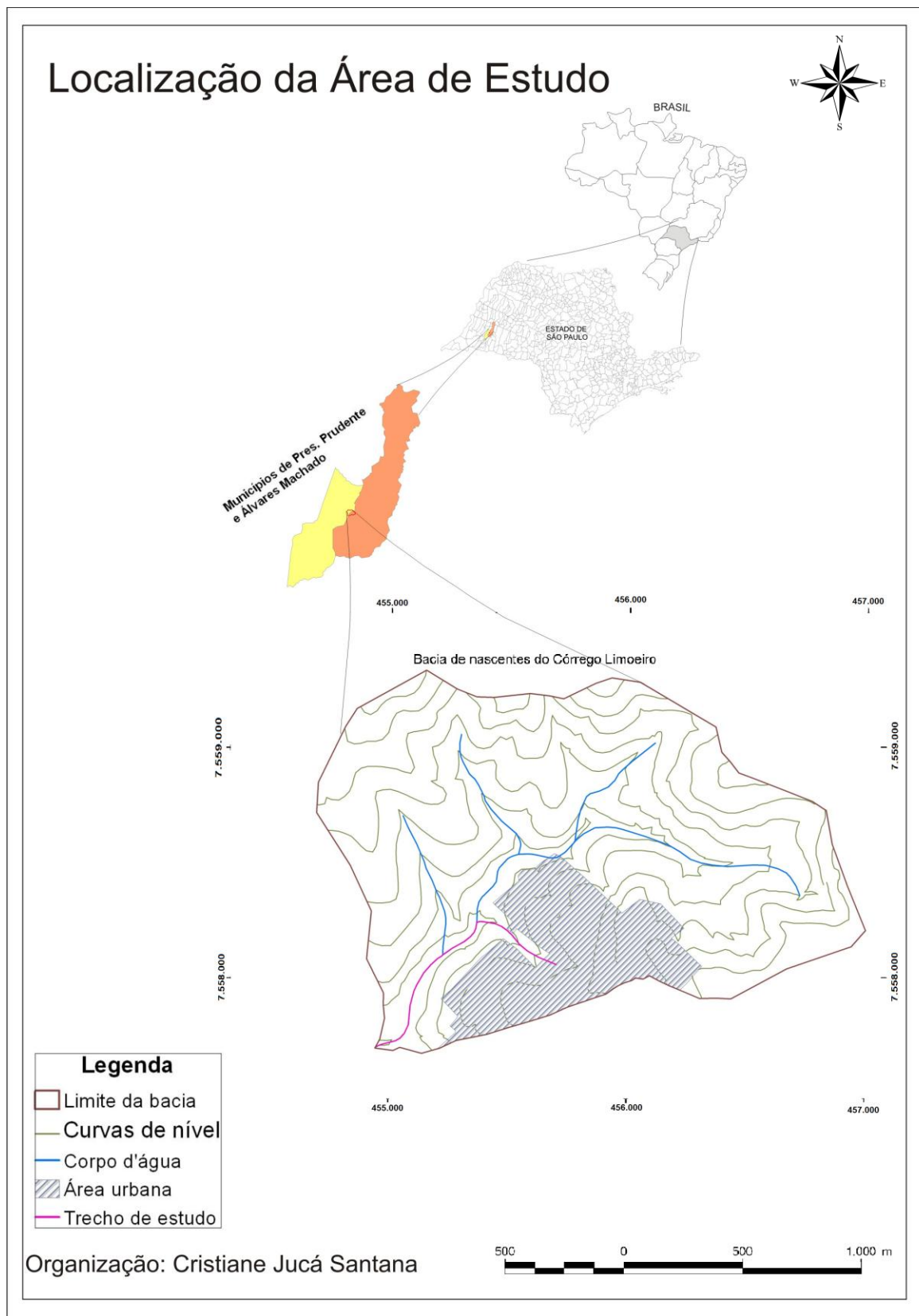


Figura 1: Localização da área de estudo.

1.1. JUSTIFICATIVA

Na natureza as exigências de recuperação variam de acordo com o impacto sofrido na área, sempre compreendendo a revegetação e a proteção dos recursos hídricos. Do ponto de vista legal, a necessidade de recuperação ambiental de áreas degradadas é contemplada e disciplinada por uma série de dispositivos federais, estaduais e municipais (BRAGA et al., 1996 apud COSMOS, 2009).

Considerando a urgência de recuperar as áreas de preservação permanente que exercem um papel fundamental na formação e manutenção dos recursos hídricos este trabalho de graduação alvitra este projeto de recuperação das APPs da nascente existente entre os bairros residenciais Maré Mansa e Parque Imperial, não só como ponto de partida estratégico para recuperação dos recursos hídricos, mas também para preservar a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo, gerar trabalho, manter e ampliar a beleza cênica de uma paisagem, e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O projeto será executado por meio de serviços de recuperação com a utilização de técnica pré-definida em áreas de no mínimo 0,7853ha por nascente (conforme Código Florestal LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965, Artigo 2º, letra c, Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989). Para seleção destas áreas foram utilizados os seguintes critérios:

- A nascente abastece o córrego do Limoeiro que por sua vez abastece a represa do Balneário da Amizade, que é utilizada pela SABESP como fonte de captação de água para abastecimento da cidade, em casos de emergência.
- As construções residenciais estão adentrando o limite de proteção da área da nascente.
- Considerável nível de degradação: processos erosivos que estão causando o carreamento de solo para o leito fluvial, supressão de vegetação e quantidade ínfima de vegetação ripária.
- Além da área de nascente, a população requereu que fosse elaborado um projeto de revitalização do calçamento que faz divisa com o cercamento da APP ao longo do bairro Maré Mansa e um projeto de melhora no parque já existente.

Dessa forma, espera-se que este trabalho oriente e especifique as ações que devem ser planejadas, projetadas e realizadas para recuperar as áreas afetadas, ou para permitir novos usos.

A utilização da recuperação florestal, como compensação, é uma medida que tem como objetivo a melhoria do meio biótico, compreendendo a manutenção das especificidades da fauna e flora locais, estabelecendo conexões entre fragmentos florestais remanescentes.

Será priorizada neste plano a área do entorno da nascente juntamente com a proposta de melhoria da urbanização dos bairros citados, utilizando técnicas de bioengenharia para a contenção do talude e fixação do solo próximo à nascente.

1.2. OBJETIVO

OBJETIVO GERAL

O presente trabalho objetiva a busca e o emprego de conhecimento a respeito de tecnologias e técnicas de recuperação ambiental, com ênfase à bioengenharia, realizar uma análise das condições ambientais das margens fluviais da bacia do Córrego do Limoeiro, no contexto do manancial Balneário da Amizade, especialmente a nascente e trechos do curso d'água contidos entre os bairros residenciais Maré Mansa e Parque Imperial, com o intento de readequação ambiental da APP urbana e proposição de uma melhor destinação a área, como a integração da população com o desenvolvimento sustentável, através de áreas de lazer com espaços verdes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar os processos de degradação ambiental:
 - Na bacia do Córrego do Limoeiro, no contexto do Manancial do Balneário da Amizade, de maneira específica na nascente presente entre os bairros Maré Mansa e Parque Imperial, no município de Presidente Prudente, São Paulo.
 - Na área leste do Bairro Maré Mansa, onde se encontra a falta de calçamento;
 - Na Praça Pública “Valmir Lúcio da Silva”.
- Gerar mapa da Área de Preservação Permanente (APP) da nascente em estudo, segundo a Lei Federal nº 4.771 de 1965 – Código Florestal e legislação correlata.
- Identificar técnicas de recuperação ambiental que se possam ser aplicadas em APPs urbanas.

- Contribuir com propostas e recomendações para a adequação de APPs em espaços urbanos, no que se enquadra a nascente objeto de estudo do presente trabalho, para que seja proporcionada uma melhor qualidade de vida aos moradores dos respectivos bairros em consonância ambiental.

1.3. *METODOLOGIA*

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico da área de estudo e dos temas relacionados com áreas degradadas, áreas de preservação permanente em espaços urbanos, legislação ambiental pertinente e técnicas de bioengenharia de solos. Para a consulta bibliográfica foi utilizada a biblioteca da UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia e o recurso de Empréstimo Entre Bibliotecas (EEB), a Legislação Ambiental Brasileira, periódicos, monografias, dissertações e teses.

Foram realizados trabalhos de campo para visualizar o problema, no qual foi possível constatar a degradação da nascente em questão, a irregularidade do calçamento em toda a extensão leste do Bairro Maré Mansa e a carência de recursos para um melhor conforto da população na área verde, a chamada praça pública.

Nestes trabalhos de campo, dividido em três pontos, foram levantados os seguintes dados:

- Nascente: documentação fotográfica da área; levantamento do tamanho da erosão decorrida na nascente;
- Calçamento: documentação fotográfica.
- Praça Pública: documentação fotográfica; contagem dos itens presente na área, tais como playground, árvores, bancos, quiosques, postes de iluminação e quadras poliesportivas.

Após o levantamento bibliográfico e os trabalhos de campo, foi realizado o comparativo das técnicas de recuperação e apontada a mais indicada a ser aplicada na área da nascente, bem como a proposição de recuperação do seu entorno. Para a escolha da técnica mais indicada, foi levada em consideração a fonte de deterioração bem como o grau de degradação em que a nascente se encontra. Para a sua área adjacente, a proposição se baseia na recomposição arbórea, com espécies contidas no documento da Proposta de Recuperação do Balneário da

Amizade, cedido pela Prefeitura Municipal de Álvares Machado, onde constam as espécies arbóreas recomendadas para a área em questão.

Para a recuperação e readequação do calçamento do entorno leste do Bairro Maré Mansa, foi levantado os tipos de calçamento existentes que são ditos ecológicos, e então se escolheu àquele que apresenta uma capacidade de infiltração razoável e que seja estético e funcional.

E por fim, para a melhora da área verde para uso múltiplo, foi proposto um incremento à praça já existente, baseado em itens que trarão um benefício aos seus usuários, melhoras estas como o plantio de mais mudas de árvores, podendo ser frutíferas ou não, instalação de lixeiras, bancos, quiosques e a implantação de um palco ao ar livre para atividades artísticas.

Os dados e informações coletados foram sistematizados para compor os capítulos deste trabalho, como segue.

No capítulo 1 temos a introdução na qual contextualiza as temáticas propostas (APPs, APPs Urbanas, Áreas Degradadas e sua recuperação), expõe o objetivo deste trabalho bem como a justificativa para o mesmo e explica como foi realizado.

No capítulo 2, aborda-se a revisão sobre temas referentes à degradação ambiental em área de preservação permanente nas urbes, a recuperação dessas áreas degradadas e a sua reintegração à vida da sociedade.

No capítulo 3, trata-se das técnicas para recuperação, enfatizando as vantagens de se utilizar as técnicas de bioengenharia como subsidio de recuperação.

No capítulo 4 temos a descrição de algumas técnicas encontradas, bem como sua aplicação de uma forma detalhada.

No capítulo 5 diz respeito ao estudo de caso nos Bairros Maré Mansa e Parque Imperial, onde descreve e analisa a problemática levantada e localiza pontualmente o distúrbio.

No capítulo 6 temos as propostas de recuperação e intervenção de acordo com os problemas apontados no capítulo 5.

E no capítulo 7, considerações finais, enfatiza-se a importância de se recuperar áreas degradadas e fazer com que a sociedade seja integrada no processo de recuperação e manutenção da área recuperada.

2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM ESPAÇOS URBANOS E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

2.1. ÁREAS DEGRADADAS

Em termos gerais, qualquer alteração causada pelo homem no ambiente gera, algum tipo de degradação ambiental. O Guia de Recuperação de Áreas Degradadas, publicado pela SABESP, (2003, p. 4) define degradação ambiental, como sendo “as modificações impostas pela sociedade aos ecossistemas naturais, alterando (degradando) as suas características físicas, químicas e biológicas, comprometendo, assim, a qualidade de vida dos seres humanos.”

Neves e Tostes (1992) apud Piolli et al. (2004, p. 8), define o ato de degradar da seguinte forma: “Degradar é deteriorar, estragar. É o processo de transformação do meio ambiente que leva à perda de suas características positivas e até a sua extinção”. Os autores notam que, ao longo do tempo, tanto aqueles que exercem atividades econômicas, quanto o Poder Público, têm provocado degradação ambiental.

Já Sánchez (2001, p.82) determina a degradação do solo, como um termo mais vasto do que poluição do solo, englobando: “(i) a perda de matéria devido à erosão ou a movimentos de massa, (ii) o acúmulo de matéria alóctone (de fora do local) recobrando o solo, (iii) a alteração negativa de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactidade, (iv) a alteração das características químicas, (v) a morte ou alteração das comunidades de organismos vivos do solo”. Todos estes tipos de degradação, podem ser intensificados no caso de desflorestamento das áreas de preservação permanente, o que já justificaria a importância de recuperar, o mais rápido possível, a vegetação original dessas áreas.

2.2. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Pesquisas recentes mostraram que os rios formadores de bacias hidrográficas urbanas têm um caráter fundamental de diferenciação, quando comparados com os pertencentes às bacias hidrográficas florestais, rural e até mesmo agrícola. A quantidade de superfície impermeável pode ser utilizada como um indicador para se prever quão grave podem ser essas diferenças. Em muitas regiões urbanas havendo um valor tão baixo quanto 10% de cobertura impermeável da bacia hidrográfica já é suficiente para ocorrer a degradação, sendo que se torna mais severa

quanto maior se torna a cobertura impermeável (SHUELER, 1995 apud ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009).

O processo de ocupação no Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e por planejamento inadequado e com isso, a consequente destruição de boa parte dos recursos naturais. Ao longo da história do país, a cobertura florestal nativa, representada pelos diferentes biomas, foi-se fragmentando e cedendo espaço para as culturas agrícolas, as pastagens e as cidades (MARTINS, 2009).

2.2.1. Síntese de termos relacionados à recuperação de áreas degradadas

Neste tópico serão apresentados os principais termos e conceitos aplicados à recuperação de áreas degradadas de acordo com Martins (2009, p. 22-29).

Mata ciliar: faixa de floresta mais estreita, limitada à beirada dos diques marginais dos rios, estando presente nas regiões em que a vegetação original de interflúvio também é florestal. Para efeitos práticos, em termos de recuperação e legislação, o termo mata/floresta ciliar tem sido amplamente usado para designar de forma genérica e popular todos os tipos de formações florestais ocorrentes às margens dos cursos d'água, independentemente do regime de elevação do rio ou do lençol freático e do tipo de vegetação de interflúvio.

Resiliência: Capacidade que um ecossistema possui de se recuperar de perturbações internas naturais ou provocadas pelo homem.

Ecossistema estável: quando reage a um distúrbio absorvendo o impacto sofrido, sem sofrer mudanças, e ajustando-se aos seus processos ecológicos.

Ecossistema perturbado: É aquele que, após sofrer certo distúrbio natural ou mesmo antrópico, ainda consegue regenerar-se naturalmente, ainda possui resiliência.

Área degradada: É aquela que, após sofrer um forte impacto, perdeu a capacidade de retornar naturalmente ao estado original ou a um equilíbrio dinâmico, ou seja, perdeu sua resiliência.

Restauração: O termo restauração tem sido empregado mais recentemente no sentido de restauração ecológica, que tem como ênfase

promover o restabelecimento de processos ecológicos responsáveis pela reconstrução gradual dos ecossistemas, que depende de elevada diversidade de espécies nativas regionais. Busca-se, portanto, criar condições para restaurar a integridade ecológica do ecossistema, sua biodiversidade e estabilidade no longo prazo.

Redefinição ou redestinação: Conversão de um ecossistema degradado num ecossistema com uso distinto do original. O novo ecossistema não mantém vínculo com o ecossistema original. [...] Apesar de muito criticada, pelo fato de a maioria dos projetos nessa abordagem não assumirem um compromisso com aspectos ecológicos como sucessão, sustentabilidade, biodiversidade, etc., esta pode, em algumas situações, ser a melhor estratégia para se transformar áreas altamente degradadas em áreas com algum tipo de uso humano, dentro de um contexto ambiental.

2.2.2. Fatores de degradação

Segundo Araujo, Almeida e Guerra (2009), o estudo da GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation), detectou que, globalmente, 15% das terras estavam degradadas como resultado das atividades humanas.

Um ecossistema torna-se degradado quando perde sua capacidade de recuperação natural após distúrbios, ou seja, perde sua resiliência. Uma floresta está sujeita a distúrbios naturais como a queda de árvores, deslizamento de terra e raios, que podem resultar em clareiras, que são cicatrizadas através da colonização por espécies pioneiras seguidas de espécies secundárias. Por isso, normalmente esses distúrbios naturais não chegam a degradar o ambiente propriamente dito. A Figura 2 mostra as principais causas de degradação ambiental, que são o desmatamento para a expansão da área cultivada nas propriedades rurais, para expansão de áreas urbanas e para obtenção de madeira, os incêndios, a extração de areia nos rios, no caso de matas ciliares, a mineração, os empreendimentos turísticos mal planejados, entre outros fatores (MARTINS, 2009).

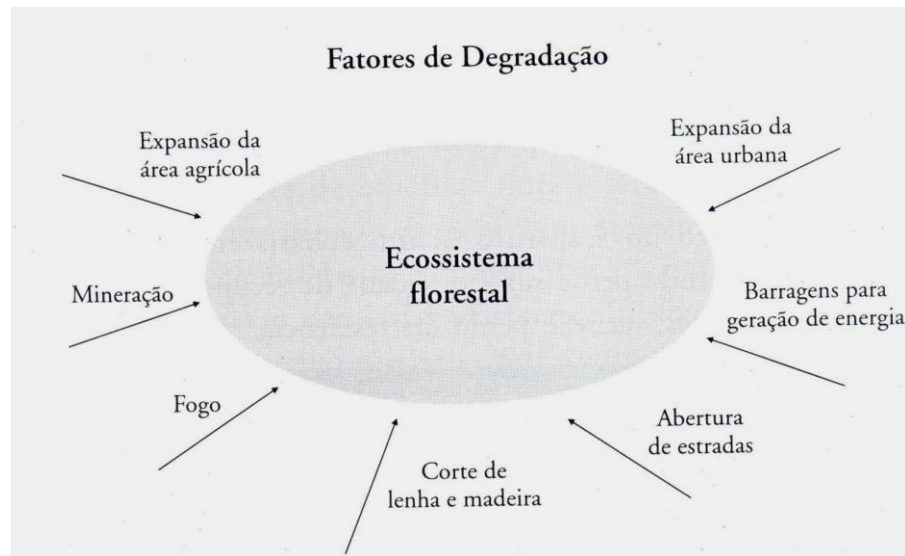


Figura 2: Fatores de Degradação dos ecossistemas florestais.
 Fonte: Martins, 1999.

2.3. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E OS ESPAÇOS VERDES

A Área de Preservação Permanente é a área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (MP 2166-67/2001 Art. 1º, II).

Segundo Machado (2010), há tempos que a expressão “área de preservação permanente”, e o seu uso tem uma razão, pois é um espaço em que a floresta ou a vegetação devem estar presentes, caso não estejam presentes, elas deverão ser aí plantadas. A idéia de permanência não está só vinculada à floresta, mas também ao solo, no qual está ou deve ser inserida, e à fauna. Se a floresta perecer ou for retirada, nem por isso a área perderá sua capacidade florestal.

Ainda segundo Machado (2010), a vegetação nativa ou não, e a própria área são objeto de preservação não só por si mesmas, mas pelas funções protetoras das águas, do solo, da biodiversidade, da paisagem e do bem-estar humano, e como o mesmo diz, “a APP não é um favor da lei, é um ato de inteligência social, e é de fácil adaptação as condições ambientais” (MACHADO, 2010).

As Áreas de Preservação Permanente, localizadas em propriedades particulares e públicas, são as citadas no art. 2º da Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), e suas alterações, assim discriminadas:

Art. 2º - Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

Parágrafo único - No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.

O Código Florestal, em seu artigo 3º, equipara outras áreas, que devem ser declaradas por ato do Poder Público, às Áreas de Preservação Permanente, assim fixando:

Art. 3º - Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

a) a atenuar a erosão das terras;

b) a fixar as dunas;

c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares;

e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;

f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção;

g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;

h) a assegurar condições de bem-estar público.

§ 1º - A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.

§ 2º - As florestas que integram o Patrimônio Indígena ficam sujeitas ao regime de preservação permanente (letra g) pelo só efeito desta Lei.

O impacto de fontes de poluição de áreas a montante é amortizado pela vegetação ciliar, através de meios de filtragem, barreira física e processos químicos; minimiza processos de assoreamento dos corpos d'água e a contaminação por lixiviação ou escoamento superficial de defensivos agrícolas e fertilizantes. Além disso, mantém a estabilidade dos solos marginais, minimizando os processos erosivos e o solapamento das margens. A vegetação ciliar pode ainda reduzir a entrada de radiação solar e, dessa forma, minimizar flutuações na temperatura da água dos rios. (FRIEDRICH, 2007).

2.4. *A CONAMA 369/2006: subsídios legais para intervir em áreas de preservação permanente*

Em vista dos artigos 1º a 4º do Código Florestal e da Resolução CONAMA 369/2006 é possível compatibilizar a ocupação e o uso econômico de áreas de preservação permanente, mesmo que não seja o ideal. As APPs possuem função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas, como bem destacou o inciso II do §2º do artigo 1º do Código Florestal.

Ainda que essencial à qualidade do meio ambiente ecologicamente equilibrado, em alguns casos a função exercida pelas APPs poderá ser reproduzida pela ação do homem, como no caso da estabilidade geológica garantida pela contenção das margens aquáticas, principalmente em áreas urbanas.

Em outras situações, a realidade presente, vai mostrar a possibilidade de intervenção ou supressão de vegetação em APPs, seja por motivos de utilidade pública e interesse social ou ainda intervenção ou supressão de vegetação em APPs eventual e de baixo impacto ambiental, conforme prevêem os artigos 2º e 11º, respectivamente, da Resolução CONAMA n.º 369/2006, como podem ser lidos abaixo:

Art. 2º O órgão ambiental competente somente poderá autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP, devidamente caracterizada e motivada mediante procedimento administrativo autônomo e prévio, e atendidos os requisitos previstos nesta resolução e noutras normas federais, estaduais e municipais aplicáveis, bem como no Plano Diretor, Zoneamento Ecológico-Econômico e Plano de Manejo das Unidades de Conservação, se existentes, nos seguintes casos:

I - utilidade pública:

- a) as atividades de segurança nacional e proteção sanitária;
- b) as obras essenciais de infra-estrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia;
- c) as atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais, outorgadas pela autoridade competente, exceto areia, argila, saibro e cascalho;
- d) a implantação de área verde pública em área urbana;
- e) pesquisa arqueológica;
- f) obras públicas para implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados;
- g) implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados para projetos privados de aquicultura, obedecidos os critérios e requisitos previstos nos §§ 1º e 2º do art. 11, desta Resolução.

II - interesse social:

- a) as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como prevenção, combate e controle do fogo, controle da erosão, erradicação de invasoras e proteção de plantios com espécies nativas, de acordo com o estabelecido pelo órgão ambiental competente;
- b) o manejo agroflorestal, ambientalmente sustentável, praticado na pequena propriedade ou posse rural familiar, que não descaracterize a cobertura vegetal nativa, ou impeça sua recuperação, e não prejudique a função ecológica da área;
- c) a regularização fundiária sustentável de área urbana;
- d) as atividades de pesquisa e extração de areia, argila, saibro e cascalho, outorgadas pela autoridade competente;

III - intervenção ou supressão de vegetação eventual e de baixo impacto ambiental, observados os parâmetros desta Resolução.

[...]

Art. 11. Considera-se intervenção ou supressão de vegetação, eventual e de baixo impacto ambiental, em APP:

I - abertura de pequenas vias de acesso interno e suas pontes e pontilhões, quando necessárias à travessia de um curso de água, ou à retirada de produtos oriundos das atividades de manejo agroflorestal sustentável praticado na pequena propriedade ou posse rural familiar;

II - implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e efluentes tratados, desde que comprovada a outorga do direito de uso da água, quando couber;

III - implantação de corredor de acesso de pessoas e animais para obtenção de água;

IV - implantação de trilhas para desenvolvimento de ecoturismo;

V - construção de rampa de lançamento de barcos e pequeno ancoradouro;

VI - construção de moradia de agricultores familiares, remanescentes de comunidades quilombolas e outras populações extrativistas e tradicionais em áreas rurais da região amazônica ou do Pantanal, onde o abastecimento de água se de pelo esforço próprio dos moradores;

- VII - construção e manutenção de cercas de divisa de propriedades;
 - VIII - pesquisa científica, desde que não interfira com as condições ecológicas da área, nem enseje qualquer tipo de exploração econômica direta, respeitados outros requisitos previstos na legislação aplicável;
 - IX - coleta de produtos não madeireiros para fins de subsistência e produção de mudas, como sementes, castanhas e frutos, desde que eventual e respeitada a legislação específica a respeito do acesso a recursos genéticos;
 - X - plantio de espécies nativas produtoras de frutos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais em áreas alteradas, plantados junto ou de modo misto;
 - XI - outras ações ou atividades similares, reconhecidas como eventual e de baixo impacto ambiental pelo conselho estadual de meio ambiente.
- § 1º Em todos os casos, incluindo os reconhecidos pelo conselho estadual de meio ambiente, a intervenção ou supressão eventual e de baixo impacto ambiental de vegetação em APP não poderá comprometer as funções ambientais destes espaços, especialmente:
- I - a estabilidade das encostas e margens dos corpos de água;
 - II - os corredores de fauna;
 - III - a drenagem e os cursos de água intermitentes;
 - IV - a manutenção da biota;
 - V - a regeneração e a manutenção da vegetação nativa; e
 - VI - a qualidade das águas.
- § 2º A intervenção ou supressão, eventual e de baixo impacto ambiental, da vegetação em APP não pode, em qualquer caso, exceder ao percentual de 5% (cinco por cento) da APP impactada localizada na posse ou propriedade.
- § 3º O órgão ambiental competente poderá exigir, quando entender necessário, que o requerente comprove, mediante estudos técnicos, a inexistência de alternativa técnica e locacional à intervenção ou supressão proposta.

A intervenção e supressão em APPs é uma discussão que vinha sendo travada desde a promulgação do primeiro Código Florestal, em 1934, especialmente quanto à aplicabilidade dessa lei no meio ambiente urbano. Somente em 2006, com a edição da Resolução CONAMA 369, conseguiu-se chegar a um relativo consenso.

A referida resolução nos mostra que nas cidades temos um Direito ambiental antropocêntrico, como um modo de regulamentar e regularizar um modo de viabilizar a ocupação e o uso consciente das APPs urbanas, ou seja, um modo de evitar que o dano causado ao meio ambiente seja maior.

Com isso, hoje é possível a viabilidade das proposições encontradas neste trabalho, como a aplicação de técnicas de recomposição ambiental na nascente contida entre os bairros Maré Mansa e Parque Imperial, que é um dos afluentes do córrego do Limoeiro. Assim, além dessas intervenções de recuperação para a estabilidade ambiental, é possível que após sua recuperação possa ser realizado projetos que envolvem a construção de áreas verdes, em vista que serão áreas para o bem estar da população que a usufruirá.

2.5. ÁREAS VERDES

A partir da premissa que a Organização Mundial de Saúde - OMS define que saúde é entendida como o estado completo de bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças, muitos pesquisadores avaliam que áreas verdes destinadas ao lazer são essenciais para saúde e o bem estar da população (KOWALTOWSKI 1989 apud MORERO et al.2007).

Segundo Lima et al.(1994) temos a seguinte definição para área verde:

Área Verde: onde há o predomínio de vegetação arbórea; engloba as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas, que tem apenas funções estética e ecológica, devem, também, conceituar-se como Área Verde. Entretanto, as árvores que acompanham o leito das vias públicas, não devem ser consideradas como tal. Como todo Espaço Livre, as Áreas Verdes também devem ser hierarquizadas, segundo sua tipologia (privadas, potencialmente coletivas e públicas) e categorias, das quais, algumas são descritas a seguir.

Parque Urbano: é uma Área Verde, com função ecológica, estética e de lazer, entretanto com uma extensão maior que as chamadas Praças e Jardins Públicos.

Praça: como Área Verde, tem a função principal de lazer. Uma praça, inclusive, pode não ser uma Área Verde, quando não tem vegetação e é impermeabilizada (caso das praças da Sé e Roosevelt, na cidade de São Paulo); no caso de ter vegetação é considerada Jardim, como é o caso dos jardins para deficientes visuais ou mesmo, jardim japonês, entre outros, presentes no Parque do Ibirapuera, em São Paulo.

Arborização Urbana: diz respeito aos elementos vegetais de porte arbóreo, dentro da urbe, tais como árvores e outras. Nesse enfoque, as árvores plantadas em calçadas, fazem parte da Arborização Urbana, porém, não integram o Sistema de Áreas Verdes.

(LIMA et al.1994, p. 10)

Essas áreas verdes urbanas proporcionam melhorias no ambiente impactado das cidades e benefícios para os habitantes das mesmas, pois são diversas as funções que proporcionam o bem estar da população, tais como a função ecológica, que se deve ao fato da presença da vegetação, do solo não impermeabilizado e de uma fauna mais diversificada nessas áreas, promovendo melhorias no microclima da cidade e na qualidade do ar, água e solo.

A função social está fortemente relacionada com a possibilidade de lazer que essas áreas oferecem à população. A função estética diz respeito à diversificação da paisagem construída e o embelezamento da cidade. Com relação a este aspecto deve ser ressaltada a

importância da vegetação. A função educativa está relacionada com a possibilidade imensa que essas áreas oferecem como ambiente para o desenvolvimento de atividades extraclasse e de programas de educação ambiental. A função psicológica ocorre, quando as pessoas em contato com os elementos naturais dessas áreas, relaxam, funcionando como antiestresse. Este aspecto está relacionado com o exercício do lazer e da recreação nas áreas verdes (MAZZEI et al. 2007).

No entanto, a serventia das áreas verdes nas cidades está intimamente relacionada com a quantidade, a qualidade e a distribuição das mesmas dentro da malha urbana, como cita a Lei Federal nº 6766/79 no Capítulo II, Art. 4º, Inciso I.

2.6. FUNDOS DE VALE

Saraiva (1999) define que fundos de vale são áreas alagáveis, onde suas estruturas e funcionamento se relacionam às diversas funções ambientais. Para a presente pesquisa, será considerado como fundo de vale as áreas justafluviais aos cursos d'água, incluindo sua vegetação ciliar considerada Área de Preservação Permanente, de acordo com a legislação ambiental.

Atribuída à devida importância e potencias desses espaços, em especial nas cidades, estas se mostram essenciais ao desenvolvimento mais sustentável da cidade. Assim, é preciso uma análise para mostrar o tratamento que tais áreas tiveram ao longo do tempo, no Brasil, para que sejam elucidados os efeitos e reflexos das intervenções nos fundos de vale urbanos.

Conforme Tucci (2008) a cronologia por ele proposta com relação ao modelo de tratamento desses espaços e do saneamento de forma geral no Brasil, que é dividido da seguinte forma: período Higienista (até 1970), período Corretivo (1970-1990) e período Sustentável (1990-atual).

2.6.1. O Período Higienista

Conhecido também como período sanitaria por alguns autores situa-se entre o fim do século XIX e final do século seguinte, XX. De acordo com Tucci (2008), o abastecimento de água de fontes garantidas e a coleta de esgoto, com despejo a jusante (sem tratamento) do manancial da cidade, tiveram como finalidade evitar doenças e seus efeitos, mas acabaram realocando os impactos para jusante. Essa fase é chamada de *higienista*.

Esse processo foi seguido da urbanização acelerada, levando uma alta parcela da população para as cidades, resultando novamente em colapso do ambiente urbano em razão dos efluentes sem tratamento e da poluição aérea.

Desse modo, de acordo com a lógica higienista, os corpos d'água passaram a ser visto negativamente, já que seu principal atributo era o de transporte de efluentes (MEDEIROS e MAGALHÃES JUNIOR, 2009). Com isso passa-se a ser comum nesse período a prática de isolar a presença da água por meio de sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário em redes subterrâneas e as áreas alagadas, brejos e margens dos rios passaram a ser vistas como áreas insalubres, passando a serem áreas aterradas, retificadas ou represadas (SARTI, 2002).

2.6.2. Período Corretivo

O período Corretivo pode ser considerado como o período de transição da prática higienista para a sustentável. Houve um desenvolvimento das cidades num ritmo acelerado desde o início do século XX, porém a infraestrutura desses espaços não conseguiram se desenvolver no mesmo ritmo, gerando uma série de conflitos nas cidades (BARBOSA, 2010).

O que se é observado neste período é a criação de legislações regulatórias, tais como a criação dos conceitos de Planejamento Urbano e Plano Diretor e a crescente preocupação com a disponibilidade de água tratada. Surge ainda a compreensão da necessidade de se proteger os mananciais para manutenção da qualidade da água (SOUZA, 2002 apud BARBOSA, 2010, p. 21).

Ainda de acordo com Barbosa (2010), é no período Corretivo que ocorre um avanço notório, tais como a preocupação em ter um aumento na área permeável nos lotes, criação de pontos de detenção a fim de amenizar o efeito de inundações e o aumento do tratamento dos efluentes domésticos e industriais.

2.6.3. Período Sustentável

O discurso ambientalista começou a ter grandiosidade em 1992, na conferência denominada Cúpula da Terra, a Rio-92, e que resultou na agenda 21 que aborda uma série de metas e diretrizes objetivando mudanças no padrão de produção e consumo nos Governos e nas atitudes das pessoas (Ministério do Meio Ambiente).

É importante destacar que na década de 1980 teve-se a criação da Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei Federal nº 6938 de 31 de Agosto de 1981 e na década de 1990 começa a abordagem melhorada do Planejamento Urbano com o chamado Planejamento Estratégico. Dessa forma, o urbanismo contemporâneo incorpora a importância da água no ambiente urbano, ao invés de aceitar as questionáveis soluções por medidas estruturais de aterramento de pequenos corpos d'água e nascentes. As medidas não estruturais e preventivas passam a ter preferência no planejamento urbano (BARBOSA, 2010).

2.7. *DEGRADAÇÃO EM APPS URBANAS*

Como visto, as áreas de preservação permanente são áreas que por imposição da lei, a vegetação deve ser conservada incólume, tendo em vista assegurar a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como o bem-estar das populações humanas. O regime de proteção das APPs é bastante rígido: a regra é a intocabilidade, admitida a supressão da vegetação apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social previstos legalmente (ARAÚJO, 2002).

A crescente urbanização, juntamente à falta de planejamento urbano e ambiental, colabora pela degradação ambiental em muitos municípios brasileiros. Uma das áreas urbanas mais vulneráveis é a de fundos de vales, que sofrem intervenções de drenagem e aterramentos, funcionando ainda como depósito de lixo e entulhos. O empecilho de se conservar ou recuperar as APPs com mata nativa, conforme dita a legislação, nas urbes, é que a população analisa esses terrenos como inseguros, próprios para refúgios de marginais, crimes, uso de drogas, etc. Além disso, a legislação sobre as APPs apenas impõe as condições para sua existência, mas não estabelece nenhum vínculo com a população a respeito do que deva ser resguardado (FELICIO, 2009).

A dificuldade da relação de convívio da sociedade com os elementos naturais, faz-se mister a presença de aparatos tecnológicos os quais acabam por afastar a sociedade de sua base natural e reproduzindo ambientes cada vez mais artificiais. Contudo, os cursos d'água e suas margens podem ser portadores de apropriação e coesão social, pelo conteúdo afetivo e coletivo que a sua paisagem representa dentro das cidades, além dos benefícios ambientais que estes

proporcionam ao meio e à sociedade, constituindo-se este o paradigma que vem sendo buscado pelo momento atual (FRIEDRICH, 2007).

A partir de 1980, aproximadamente, salubridade passa a ser discutida em termos ambientais, através da contestação de algumas grandes obras de infraestrutura hidráulicas e levando em consideração a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão urbano-ambiental (RUTKOWSKI, 1999).

A consciência ecológica e a necessidade de um eficiente e sustentável manejo dos recursos hídricos promoveram o uso das inovações tecnológicas para efetivar um modelo ambientalista para a drenagem urbana (SILVEIRA, 2000). No Brasil e no mundo são criados instrumentos relevantes para a gestão dos recursos hídricos. Aqui é definido a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal 6938/81), que institui o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com garantia formal de participação de segmentos sociais regionais, e consolida a interrelação solo-água através da Política Nacional de Recursos Hídricos.

De acordo com Friedrich (2007), o uso de procedimentos tradicionais e tecnologias ambientalmente ajustadas às especificidades físicas, bióticas e culturais da região têm sido recomendados em planos e projetos de intervenção em áreas justafluviais aos cursos d'água, alternativamente às técnicas convencionais de engenharia, tal como as técnicas de Bioengenharia de Solos, onde se utiliza de mecanismos vivos conciliados aos mecanismos inertes da engenharia tradicional. A sustentabilidade social, econômica, ambiental e cultural destas áreas tem sido buscada principalmente através de medidas de planejamento e gestão baseadas no conceito de desenvolvimento sustentável.

3. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Não é recente a preocupação com a reparação de danos provocados pelo homem aos ecossistemas. Plantações florestais têm sido estabelecidas desde o século XIX no Brasil com diferentes objetivos. Entretanto, somente na década de 1980, com o desenvolvimento da ecologia da restauração como ciência, o termo restauração ecológica passou a ser mais claramente definido, com objetivos mais amplos, passando a ser o mais utilizado no mundo nos últimos anos (ENGEL e PARROTTA, 2003).

É considerado como áreas degradadas locais que apresentam indícios como: mineração, processos erosivos, ausência ou diminuição da cobertura vegetal, deposição de lixo, superfície espelhada entre outros. No ano de 2004 a “Society for Ecological Restoration” (SER) divulgou “Os Princípios da SER na Ecologia de Restauração” que é um guia que define a restauração ecológica como uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema no que diz respeito a sua saúde, integridade e sustentabilidade.

Ecossistemas que demandam restauração têm sido degradados, danificados, transformados ou inteiramente destruídos como resultado direto e indireto das atividades humanas. Adicionalmente, descreve vários passos a serem tomados para o desenvolvimento e o manejo de projetos de restauração ecológica. Dentre as várias atividades a serem realizadas estão: identificar o local e o tipo de ecossistema a ser restaurado; identificar o agente causador da degradação; e identificar se há necessidade de intervenções diretas para a restauração.

E a partir desse princípio, diversos foram os modelos desenvolvidos para a recuperação de áreas degradadas. Alguns desses modelos e técnicas serão apresentados a seguir.

3.1. *TÉCNICAS USUAIS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL*

Segundo Engel e Parrotta (2003) temos algumas técnicas para recuperação ambiental:

Condução da regeneração natural: Restauração através da sucessão secundária, sendo necessário apenas o abandono da área a ser restaurada para que esta, naturalmente, se desenvolva através da regeneração natural. No entanto, para que isso ocorra, há a necessidade de superar barreiras para a regeneração natural, como a ausência ou a baixa disponibilidade de propágulos (sementes) para a colonização do local, a falha no recrutamento de plântulas e jovens (predação de sementes e plântulas e/ou ausência de um microclima favorável), falta de simbiontes (micorrizas e rizobactérias) e polinizadores e dispersores. Atualmente o método é um dos indicados para restauração florestal em áreas de preservação permanente pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Plantio por sementes: Esta técnica supera uma das barreiras à regeneração natural, pois os propágulos seriam diretamente lançados no local a ser restaurado. Mas o sucesso no emprego desta técnica depende de haver condições mínimas para que ocorra o recrutamento das plântulas e dos juvenis e da manutenção das interações para a funcionabilidade do ecossistema. No Mato Grosso algumas iniciativas demonstram que o método da semeadura direta, ainda que com desempenho não satisfatório para algumas espécies, mostrou-se viável, o que o recomenda como alternativa econômica de restauração florestal.

Plantio por mudas: Apesar de ser uma forma mais onerosa de restauração de áreas degradadas, por aumentar as chances de sucesso do desenvolvimento das plântulas e diminuir a perda das sementes, o plantio de mudas de espécies nativas de rápido crescimento apresenta alta eficácia na restauração e com o passar do tempo proporciona o desenvolvimento de espécies vegetais de outros níveis de sucessão e a atração de animais frugívoros dispersores de sementes. Pelo alto índice de sucesso dessa técnica, com a utilização de espécies de rápido desenvolvimento, cerca de um a dois anos após o plantio têm-se áreas onde espécies arbóreas venceram a competição com espécies invasoras herbáceas e gramíneas, através do sombreamento.

3.2. *BIOENGENHARIA COMO TECNOLOGIA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS*

As técnicas de bioengenharia dependem do conhecimento biológico para construir estruturas geotécnicas e hidráulicas e para fortalecer encosta e margens de rios instáveis. Plantas rasteiras ou suas partes são utilizadas como materiais de construção para reforçar locais instáveis, em combinação com materiais de construção tradicionais. Dessa forma, a engenharia biotécnica não substitui a engenharia hidráulica ou geotécnica tradicional, mas complementa e melhora os outros métodos de engenharia (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009). Também para estes autores, temos a seguinte definição de bioengenharia:

A grande variedade de métodos de bioengenharia pode ser classificada de acordo com a finalidade, o material ou as características da construção. Entretanto, nem sempre é fácil distinguir esses diferentes grupos de métodos e estratégias biotécnicas. Tal diferenciação geralmente é artificial, já que técnicas semelhantes com mínimas modificações são utilizadas tanto no contexto geotécnico clássico quanto na engenharia ripária. As estruturas biotécnicas para estabilização do solo podem ser sistemas pontuais (estruturas com uma única raiz), sistemas lineares (estrutura com filas de raízes) ou sistema de cobertura (mantas e telas vegetais para cobertura do solo). Para se projetar qualquer um destes sistemas é necessário o entendimento dos mecanismos que eles utilizam no próprio processo de construção. O material utilizado e a finalidade da estrutura permitem que as técnicas sejam classificadas da seguinte maneira (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009):

- 1) *Métodos de proteção da superfície (métodos de cobertura):* São utilizados para fornecer uma proteção superficial rápida para a conservação do solo. O fortalecimento das camadas mais profundas do solo é somente secundário. Utilizando-se um grande número de plantas, tais como gramíneas e leguminosas, por unidade de área, a superfície do solo fica protegida contra a erosão.
- 2) *Métodos de estabilização utilizando materiais vivos:* Estes tipos de estruturas podem melhorar a estabilidade das encostas e evitar a erosão.
- 3) *Métodos que combinam materiais vivos e inertes:* sob condições menos favoráveis, as estruturas de apoio com materiais inertes podem ser necessárias para melhorar as construções feitas de materiais vivos. Sob condições extremas ou se um local necessita de estabilização antes que as plantas vivas possam ser utilizadas, materiais como madeira, concreto, pedras e galhos secos podem ser

usados como construções de apoio. Em locais muito úmidos ou em áreas de drenagem de difícil acesso, os métodos biotécnicos podem auxiliar ou mesmo substituir outros métodos. Os sistemas de drenagem biotécnicos agem através da diminuição da poropressão, evitando assim, a saturação dos solos e impedindo a erosão interna.

4) *Métodos suplementares:* São específicos e eficientes na promoção da emergência da vegetação clímax (exemplificando, o plantio de árvores ou técnicas de melhoramento do solo). Essas técnicas são caras e, portanto, têm seu uso limitado.

(ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009, adaptado)

3.2.1. Vantagens dos Métodos da Bioengenharia de Solos

Segundo Araujo, Almeida e Guerra (2009) para se realizar um trabalho bem feito é preciso ter conhecimento de todas as possíveis ferramentas para que o trabalho seja concretizado. A bioengenharia é uma excelente ferramenta para a estabilização de áreas que apresentam instabilidade no solo, porém, esses métodos não devem ser vistos como única solução para a maioria dos problemas de erosão e de movimento de massas. Esta técnica tem requisitos únicos e não é apropriada para todos os locais e situações. Em determinadas áreas com erosão superficial, a hidrossemeadura, por exemplo, pode ser satisfatória e mais barata do que tratamentos de bioengenharia mais extensivos. Em áreas que apresentam sérios problemas de movimentos de massa pode ser melhor utilizar sistemas geotécnicos isoladamente ou em combinação com a bioengenharia.

Em comparação com as técnicas tradicionais de engenharia, os benefícios não-técnicos que as plantas oferecem geralmente são enfatizados, junto com as vantagens técnicas normais. Podem ser descritos os benefícios dos métodos de bioengenharia em quatros gerais grupos, de acordo com Araujo, Almeida E Guerra (2009):

1) Vantagens técnicas:

- a. Proteção contra erosão superficial;
- b. Aumento na estabilidade das encostas através do reforço e drenagem do solo pelas raízes;
- c. Proteção contra queda de rochas;
- d. Proteção contra o vento.

2) Vantagens ecológicas:

- a. Regulação da umidade e temperatura próximas à superfície, criando condições ideais para o desenvolvimento vegetal;
- b. Aperfeiçoamento do regime hídrico do solo através da interceptação, evapotranspiração e armazenamento;
- c. Melhoramento da estrutura do solo e formação de um horizonte superior;
- d. Criação e provisão de *habitats* para a fauna e flora locais
- e. Utilização de materiais biodegradáveis.

3) Vantagens econômicas:

- a. Redução dos custos de construção e manutenção;
- b. Criação de áreas agricultáveis e de lazer;

4) Vantagens estéticas:

- a. As estruturas se integram à paisagem;
- b. Redução da poluição visual;
- c. A paisagem se torna mais aparente.

Essas vantagens dão às técnicas de bioengenharia uma importância considerável na restauração e conservação de encostas e margens de cursos e corpos d'água.

Ao se desenvolver um projeto de recuperação de áreas degradadas é exigido mais do que a avaliação e as medidas do local. Devem ser levada em consideração, segundo o SER (2004), a identificar o local e o tipo de ecossistema a ser restaurado; identificar o agente causador da degradação; e identificar se há necessidade de intervenções diretas para a restauração.

3.2.2. Classificação dos Diferentes Sistemas de Recuperação de Áreas Degradadas

Podem ser classificados de diferentes maneiras os métodos de proteção e controle da erosão. O Quadro 1 classifica os métodos listados em três categorias principais: construções vivas, de uso tradicional de grama e outras plantas, principalmente no controle da erosão, construções mistas, que utiliza a bioengenharia e métodos biotécnicos, e as construções inertes, onde se utiliza de estruturas inertes ou sistemas mecânicos. Para Araujo, Almeida e Guerra (2009), este sistema de classificação é aplicável tanto no controle da erosão quanto na prevenção de movimentos de massa.

As medidas de proteção de encostas e controle da erosão podem ser classificadas da seguinte maneira:

Quadro 1: Classificação das medidas de proteção de encostas e controle de erosão

Categoria	Exemplos
Plantio convencional	Construções vivas: semeadura, grama em tapetes, transplantio
Plantas arbóreas utilizadas como reforço e barreira ao movimento do solo	Construções mistas: Estacas vivas, caniçadas vivas, camadas de ramos, empacotamento de ramos
Associações planta/estrutura	Muros de pedra com plantio na face da encosta, revestimentos com plantio na face da encosta, estruturas niveladas com plantio nos terraços
Plantas arbóreas cultivadas nas aberturas ou interstícios frontais de estruturas de contenção	Crib walls vivas: gabiões vegetados, muros de pedra vegetados
Plantas arbóreas cultivadas nas aberturas ou interstícios frontais de revestimentos e coberturas dos solos porosas	Plantios em conjunto, gabiões estaqueados, revestimento em blocos de concreto vegetados, geogrelhas vegetadas
Estruturas convencionais	Construções inertes: estruturas de concreto, paliçadas, cortinas atirantadas

Fonte: Gray e Sotir (1996) adaptado.

3.2.3. As Edificações Inertes

Os sistemas inertes são os preferidos dos engenheiros para a estabilização das encostas e controle da erosão do solo. Existe uma grande quantidade de produtos e técnicas que se enquadram nessa categoria, e a explicação por tal preferência decorre da alegação de que tais métodos são mais confiáveis devido a sua disponibilidade, facilidade de instalação, a familiaridade com os processos, a propaganda e a promoção nesse meio e a aceitação pelos projetistas. Também, os materiais inertes assumem propriedades previsíveis e invariáveis, decompondo e/ou deteriorando lentamente ao longo do tempo.

Exemplos de produtos dessa categoria de acordo com Araujo, Almeida e Guerra (2009):

Estruturas de contenção: cortinas atirantadas, muros de arrimo, gabiões, muros de pedras, muro de blocos articulados, estruturas em solos reforçados (geogrelhas ou geotêxteis), sistema de confinamento celular.

Sistemas de revestimentos: *Rip-rap* (rochas e cascalhos), gabiões, revestimentos de concreto, sistemas de confinamento celular (melhoram o desenvolvimento da vegetação), sistemas de blocos articulados (blocos de concreto ligados por cabo, por exemplo).

Coberturas de solos: *Mulches* artificiais (fibra de vidro, fibra de celulose), telas, mantas e redes (coberturas que protegem a superfície e promovem o desenvolvimento da vegetação), sistemas de confinamento celular (rede em forma de favo de mel, em três dimensões, que sobre a superfície e é preenchida com solo ou agregados).

É notório que esses sistemas podem ser utilizados de forma integrada com a vegetação. Basicamente a vegetação pode ser incorporada a qualquer estrutura de contenção, revestimento ou cobertura inerte do solo, que seja porosa ou que tenha abertura (interstícios) na face frontal. Porém, para que a planta sobreviva, é imprescindível a presença de umidade e luz solar.

3.2.4. As Edificações Vivas

As edificações vivas usam plantios convencionais, principalmente para o controle da erosão. Uma cobertura de solo densa, feita com vegetação, aumenta enormemente a resistência dos solos à erosão. Vários tipos de gramíneas e vegetação herbácea são melhores para este fim (ARAÚJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009). Certas vezes, as técnicas convencionais de plantio oferecem a proteção com melhor custo/benefício, contra a erosão superficial das encostas.

Devido às condições adversas do meio, tais como declividade, condições de umidade, alta velocidade do *runoff*, as gramíneas e a vegetação herbácea, mesmo sendo muito eficientes para o controle de erosão, podem ter dificuldades de se estabelecer nas encostas.

3.2.5. Sistemas De Construção Mistos

É o uso e a inclusão de materiais inertes e vivos, para reforçar o solo e estabilizar as encostas. A proteção biotécnica da encosta é o uso conjunto da vegetação com componentes estruturais ou mecânicos inertes, tais como concreto, madeira, pedra e geotêxteis. De acordo com Yamanouchi (1986) apud Araujo, Almeida e Guerra (2009), o termo geotêxtil se refere à geotêxteis e geogrelhas, tecidos ou não tecidos, feitos de polímeros sintéticos ou de materiais naturais, como fibras de juta ou coco.

Na bioengenharia a vegetação pode ser utilizada com elementos naturais ou mecânicos inertes. As gramíneas e outras plantas podem estabelecer no solo por baixo da rede.

Os ramos e as gemas crescem através dessa rede e apresentam suas funcionalidades, tal como o sombreamento (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009).

3.2.6. Limitações Da Bioengenharia

A estabilização de encostas por meio das técnicas de bioengenharia não deve ser vistas como única solucionadora dos danos ocorridos nas encostas e os problemas de erosão superficial. Araujo, Almeida e Guerra (2009) dizem que em certos casos, um tratamento vegetativo convencional, tal como a aplicação de grama e a hidrossemeadura, funcionam consideravelmente com menor custo, e em outros casos, a solução mais apropriada e eficiente seja um sistema estrutural de contenção somente ou até em combinação com a bioengenharia.

A bioengenharia necessita de intensa mão-de-obra e proficiência, pois a sua aplicação se dá por meio manual, em sua maioria, e que necessita de treinamento, boa supervisão e constante inspeção. Certas técnicas, como as camadas de ramos, podem ser instaladas utilizando-se máquinas pesadas e outros equipamentos mecanizados. Apesar do alto numero de mão-de-obra, ainda assim custam menos que os tratamentos convencionais, pois são executados normalmente na época de seca, época essa em que geralmente a mão de obra está disponível (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009).

4. TÉCNICAS E MÉTODOS DE BIOENGENHARIA

A bioengenharia de solos é norteadada pelo princípio básico da utilização de elementos inertes como concreto, madeira, aço e fibras sintéticas em consonância com elementos biológicos, no controle da erosão. As espécies vegetais contribuem com o sistema radicular e o caule, sendo utilizados em diferentes arranjos geométricos como elementos estruturais e mecânicos para contenção e proteção do solo, melhorando as condições de drenagem e ancoragem das movimentações de terra (COUTO et al.2010).

De acordo com Araujo, Almeida e Guerra (2009) os métodos de bioengenharia podem ser utilizados nas encostas naturais, nos taludes de cortes de aterro ao longo de rodovias, em aterros sanitários, nas orlas construídas e nas margens de rios, dependendo unicamente das características locais para a escolha da melhor técnica a ser implantada.

Podendo ser utilizados sozinhos ou em conjunto com os métodos convencionais, temos, por exemplo, o método do estaqueamento que pode ser utilizado para fornecer uma proteção auxiliar ao redor de uma barragem em um local erodido, ou as estacas poder ser inseridas em aberturas de um revestimento de rochas ou gabiões, na margem de um rio, para aumentar tanto o desempenho como a aparência da armação de pedras. Esses processos de bioengenharia drenam por natureza, o excesso de água (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009).

4.1. *Geossintéticos*

Os geossintéticos são referidos pelos especialistas de controle de erosão como Produtos em Rolo para Controle de Erosão (PRCEs), que podem ser classificados em degradáveis ou não degradáveis (AUSTIN; DRIVER, 1994 apud COUTO et al., 2010). Esses PRCEs são também chamados de biomantas antierosivas (Figura 3). Presentemente esses produtos são manufaturados a partir das mais diversas matérias-primas, como algodão, fibra de coco beneficiada, sisal, turfa, trigo, milho e palha composta por restos de culturas agrícolas e normalmente são tecidas em material sintético, composto por polipropileno, polietileno, náilon e outros compostos utilizados (PEREIRA; COELHO, 1998 apud COUTO et al. 2010).



Figura 3: Biomantas antierosivas, tendo como matérias-primas fibra de coco e palha agrícola. Fonte: Couto et al.(2010)

Atualmente, as aplicações das biomantas não se restringem ao recobrimento do solo podendo ser utilizadas em operações de drenagem superficial e sub superficial, proteção de cursos d'água, construção de estradas, outras práticas de controle de erosão, filtração, separação, contenção, reforço mecânico e amortecimento de solos (MANDAL, 1994 apud COUTO *et.al.* 2010).

De acordo com COUTO et al. (2010) as características básicas das biomantas biodegradáveis são:

- *Permeáveis*: devido a sua constituição de materiais fibrosos desidratados e dessa forma, permitirem absorver teores de umidade até quatro vezes superior ao peso do produto seco. Assim, os sedimentos são atidos contribuindo para controlar e impedir avanços dos processos erosivos e ainda mantêm a umidade e servem como substrato para o desenvolvimento de vegetais. Favorecem a infiltração de água no solo através da melhoria de suas condições físico-químicas, devido aos efeitos imediatos de proteção contra a insolação e evapotranspiração, o que permite plantar em épocas de estiagem.
- *Isolantes*: suprimem a emissão de particulados para a atmosfera em casos de solos com estruturação deficiente, compostos de material sujeito ao carreamento eólico como dunas instáveis, áreas de disposição de rejeitos industriais, minerações, dentre outras, preferencialmente em sinergismo com a revegetação destes locais; reduzem também os danos por ocorrência de geadas

pelo efeito de isolamento térmico proporcionado pelas biomantas biodegradáveis.

- *Protetores da superfície do solo:* diminuem o escoamento superficial da água por atuarem como dissipadores de energia do mesmo, já que ao manterem contato direto com o solo fornecem obstáculo ao escoamento, reduzindo a sua velocidade e assim, eliminando a ação erosiva do solo. Também reduzem a potencial erosivo da chuva, uma vez que o impacto das gotas de chuva é responsável, em alguns casos, por até 98% dos processos de mobilização de sedimentos (McCULLAH, 1994 apud COUTO *et.al.* 2010) e evitam o carreamento de vegetação em margens de canais durante inundações, garantindo que a vegetação permaneça fixada ao solo, podendo-se ajustar os diferentes modelos de biomantas biodegradáveis de acordo com o regime hídrico do curso d'água no qual serão instaladas.
- *Degradáveis e apresentam completa harmonia com o meio ambiente:* logo após sua instalação, nota-se uma melhora no aspecto visual. É possível a estimativa do prazo de degradação das mantas. A mineralização da matéria orgânica constituinte das biomantas favorece a coesão entre as partículas minerais do solo, melhorando a estruturação e, por conseguinte, reduzindo a erodibilidade do solo (COUTO et al. 2010).
- *Naturalmente moldáveis:* possuem boa flexibilidade para se amoldarem às mais diversas situações, são de fácil manejo, leves e práticas, podendo ser aplicadas em locais de difícil acesso e em encostas íngremes, sem necessidade de equipamentos sofisticados. Apresentam formas, dimensões, comprimento e diâmetro variáveis e adaptáveis à qualquer situação.

Comparados aos das técnicas, dos produtos e dos processos convencionais da engenharia, apresentam baixos custos por serem constituídas de materiais fibrosos e resíduos de culturas agrícolas.

Essas biomantas biodegradáveis podem ser aplicadas diretamente sobre a superfície que se deseja proteger ou após o semeio/plantio de vegetação. As biomantas vêm acondicionadas em bobinas e dessa forma, a melhor maneira de se aplicar é ela se iniciando pelo topo do talude e assim, desenrolando-se a bobina, fixando-a e moldando-a sobre uma valeta escavada com 10 cm de largura e 10 cm de profundidade, deixando ultrapassar 20 cm além da valeta. A fixação é realizada com o grampeamento da biomanta no fundo da valeta e em seguida é aplicado solo

compactado, manualmente. Aplicam-se fertilizantes e sementes, dobram-se os 20 cm excedentes da biomanta sobre a valeta e promove-se sua fixação com grampos, com espaçamento mínimo a cada 40 cm, em toda a extensão da largura da biomanta. Esta fixação no topo do talude é preponderante para o desempenho do produto. As bobinas devem ser estendidas sempre no sentido da declividade do talude (Figura 4).



Figura 4: Aplicação das biomantas em talude de corte.
Fonte: Couto et al.(2010).

Sua fixação, bem como a quantidade e especificação dos grampos, deve seguir a recomendação técnica estabelecida no projeto, em função do material e da inclinação do talude. Os transpasses laterais das biomantas devem ser de 3 a 5 cm, e a sobreposição (transpasse) longitudinal deverá ser de no mínimo 5 cm. O grampeamento nos transpasse deverá ter espaçamento mínimo de 30 cm. A boa fixação das biomantas garantirá o sucesso do trabalho. Esta fixação poderá ser feita com grampos de aço, madeira e bambu, de tamanhos e formas variadas, devendo ser aplicados de acordo com as características específicas do local a ser protegido ou recuperado (Figura 5 e Figura 6) (COUTO et al.2010).

Grampos	Tipo	Comprimento dos Grampos (cm) e Uso em Taludes (corte / aterro)					
		7,5	10,0	12,0	15,0	20,0	30,0
Aço		Corte	Corte	Corte	Aterro	Aterro	Aterro
Bambu		-	-	Corte	Corte	Aterro	Aterro
Madeira		-	-	-	Aterro	Aterro	Aterro

Transpasso lateral

Transpasso longitudinal

Figura 5: Tipos e características dos grampos para fixação de biomantas.

Fonte: Couto et al.(2010).

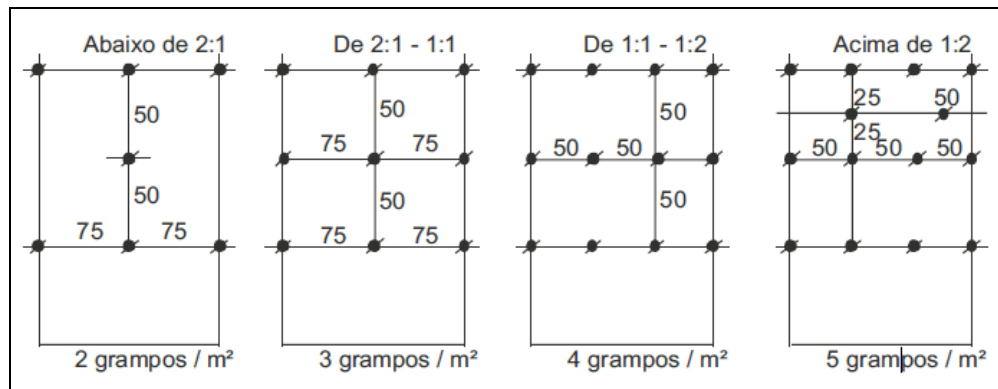


Figura 6: Número de grampos utilizados para fixação das biomantas de acordo com a inclinação do talude. Fonte: Pereira, 2008 apud Couto et al.(2010).

De acordo com Couto et al.(2010) o número de grampos por unidade de área depende da inclinação do talude, da susceptibilidade a erosão, o tipo do material, da regularização da área e da segurança requerida pelo local.

4.1.1. Retentores de Sedimentos

Estruturas de detenção e retenção de sedimentos representam a principal ferramenta para controle de erosão em leito de canais e voçorocas. Os sedimentos devem ser ancorados, principalmente após a execução dos serviços de estabilização de taludes. As primeiras chuvas

poderão comprometer os trabalhos, caso os sedimentos não sejam ancorados (COUTO et al. 2010).

Essas estruturas podem ser classificadas quanto aos seguintes aspectos: formato (retilínea ou arqueada), finalidade - deposição (para retenção de sedimentos) ou consolidação (para estabilização de leitos de canais e taludes), resistência às forças externas - estruturas de detenção e retenção de sedimentos de gravidade ou estruturas arqueadas de detenção e retenção de sedimentos, material de construção – concreto, rochas, gabiões, madeira, aço e materiais mistos (ex.: aço com madeira) e por fim, construção e objetivos específicos – filtração, deposição e retardamento de vazões.

Com benefícios provenientes da instalação dessas estruturas podem ser citados o fato de protegerem os perfis transversais da erosão por torrente e pela concentração pontual do escoamento superficial, que retêm sedimentos em sua própria área de origem; elas impedem o aprofundamento do canal criando uma série de pontos estáveis, formando uma nova base para o leito do processo erosivo e desenvolvimento da vegetação; funcionam como reguladores do carreamento de sedimentos e devido à redução do ângulo do talude o processo erosivo, a velocidade do escoamento superficial é reduzida.

4.1.1.1. Bermalongas

No Brasil tem o nome comercial de bermalongas e apresentam vários diâmetros e comprimentos (Figura 7). Esses produtos são comercializados no exterior sob o nome comercial de *bio-logs*. Podem absorver até cinco vezes o seu peso em água. As características dos retentores e sua implantação são descritas conforme as especificações de gramatura (em kg m^{-2}), resistência (em N m^{-2}), embalagem (usualmente cilíndricas) e peso cilindro (em kg) (COUTO et al. 2010).



Figura 7: Bermalonga fabricada industrialmente com fibras vegetais, prensadas e envolvidas por uma rede resistente de polipropileno. Fonte: Couto et al.(2010)

Juntamente com a contenção da erosão é feita a aplicação dos retentores. A fixação deve ser acompanhada por um técnico, para que sejam determinados a posição e os locais corretos onde serão fixados os retentores, e assim obter sucesso no controle da erosão e retenção de sedimentos (Figura 8).



Figura 8: Disposição das bermalongas perpendicularmente ao sentido do escoamento superficial da enxurrada. Fonte: Couto et al.(2010)

Em Couto et al.(2010) é dito que o retentor poderá ser utilizado solitariamente para detenção e retenção de sedimentos e que deve ser usado em áreas de baixa declividade e baixo fluxo de sedimentos, sempre no sentido transversal à declividade do talude, fixado com estacas vivas, de madeira ou de aço. Pode ser conciliado com o plantio de capim-vetiver (*Vetiver sp.*) em

linhas transversais ao sentido do escoamento de água no talude. É uma técnica muito difundida no mundo (FAO, apud COUTO et al.2010) e vem ganhando espaço no Brasil (Figura 9).



Figura 9: Exemplo de retentor orgânico de sedimentos do tipo bermalonga associado ao plantio de capim Vetiver sp. fixado de maneira transversal ao sentido de escoamento de água no talude de corte. Fonte: Couto et al.(2010)

4.1.1.2. Paliçadas de Madeira

São anteparos que deverão ser construídos nos estreitamentos dos processos erosivos lineares de pequeno e médio porte, onde não ocorra escoamento superficial concentrado ou afloramento freático intermitente ou permanente, com a finalidade de reter os sedimentos e promover uma geometria mais estável para os taludes adjacentes ao processo erosivo.

O distanciamento entre uma paliçada e outra deve ser o suficiente para que a altura máxima da paliçada a jusante esteja em nível com a base da paliçada a montante, sendo esta diferença de nível preenchida pelos sedimentos.

Segundo Pereira, 2005 apud Couto et al.(2010), as paliçadas poderão ser construídas de madeira roliça, dormentes ou bambu. As paliçadas de madeira são as mais comuns, e devem ser utilizadas madeiras impermeadas. As dimensões das peças de madeira são variáveis com a dimensão da erosão. As peças devem ser fixadas e dispostas verticalmente, formando um ângulo de 15° a montante com o pé das estacas, e devem ficar totalmente unidas umas às outras; se for necessário elas devem ser aparadas, de maneira a evitar frestas entre as peças.

As orientações em Couto et al.(2010) são de que a fixação seja feita através de uma vala cuja fundura seja de no mínimo 50% do comprimento do artefato de madeira. Esta vala deve ser totalmente em linha, e deve-se evitar o vai e vem na construção da paliçada. Se por ventura

não encontre solo de boa coesão, deve se utilizar de estratégias para manter inteiramente eretas e fixadas as peças de madeira.

Ainda sugerido por Couto et al.(2010), as estacas necessitam ser providas de áreas de reflorestamento, cujo emprego deverá estar licenciado junto ao órgão fiscalizador competente. Na interface das laterais das paliçadas com o solo, deverão ser aplicados retentores de sedimentos para evitar que os sedimentos passem pelas interfaces. A Figura 10 mostra, em planta e corte, a construção de paliçada de madeira roliça, evidenciando os detalhes construtivos.

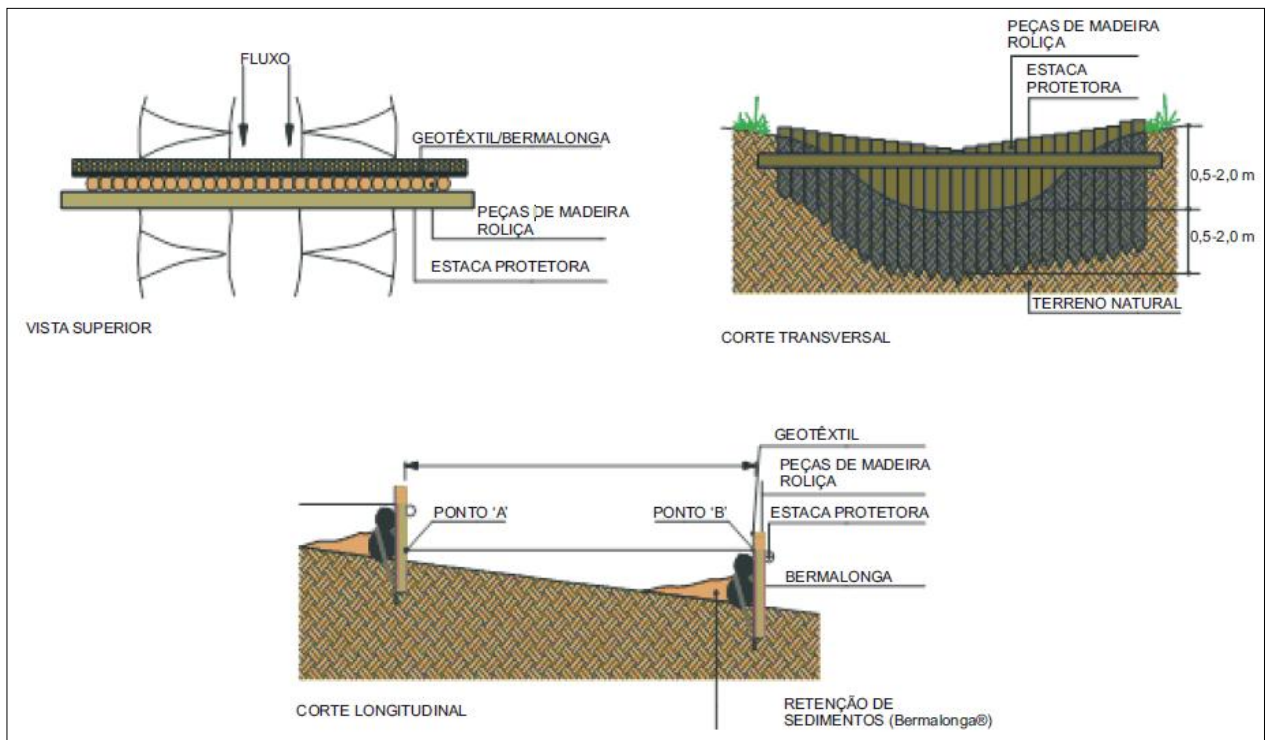


Figura 10: Vista em planta e corte da construção de paliçadas de madeira.

Fonte: Pereira (1998) apud Couto et al. (2010)

4.1.1.3. Preenchimento de Concavidades Erosivas

Couto et al.(2010) explica que em pontos erosivos com até 50 cm de profundidade a bermalonga pode ser aplicada para completar tais pontos erosivos no sentido longitudinal ou transversal à concavidade a ser preenchida, sendo fixada com grampos até atingir o solo mais coeso (Figura 11). Podem ser aplicadas quantas bermalongas for necessário, para que preencha os vazios, e posteriormente ser aplicado por cima, solo e sementes.

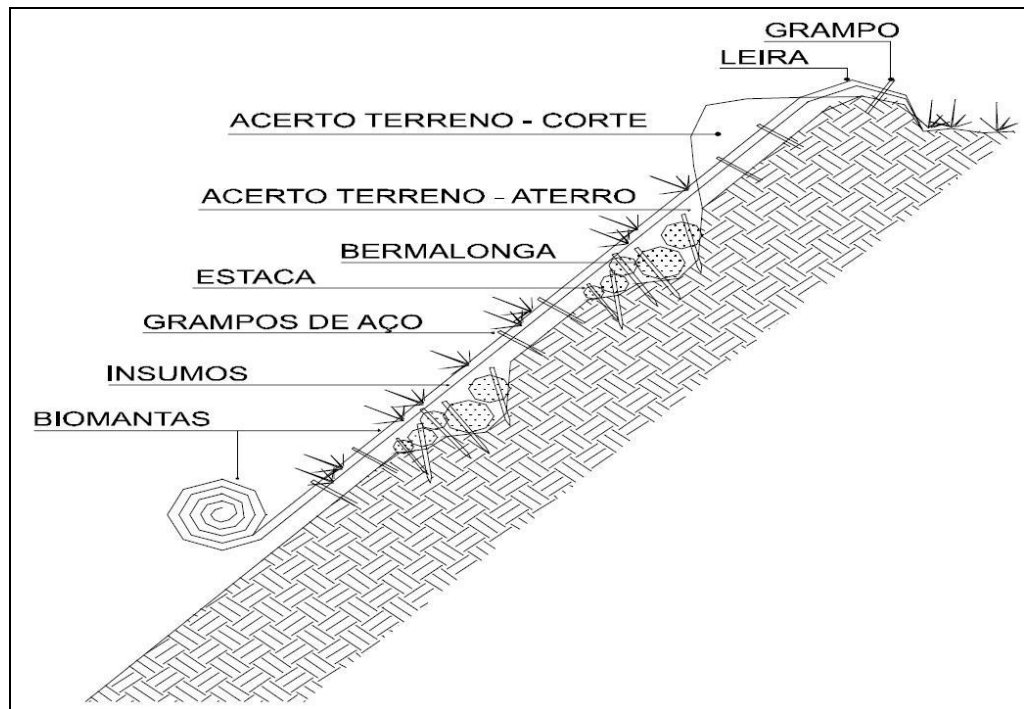


Figura 11: Desenho esquemático de preenchimento de concavidades erosivas com uso de retentores de sedimentos. Fonte: Pereira (1995) apud Couto et al. (2010).

4.2. Solo Envelopado Verde

Esta é uma técnica empregada na recomposição de taludes, contenções de erosões e envelopamento de aterros. Este procedimento é de construção célere, podendo-se empregar material das redondezas para construir o aterro compactado, podendo ainda utilizar sementes e estacas vivas para deixar verde a superfície e atirantar o solo com as raízes (COUTO et al.2010).

A área deverá ser preparada e a biomanta distendida, e no final colocar bermalonga para evitar o escape de solo, aplicando solo em uma camada de 50 cm e fazer a compactação. Depois de compactado o solo, a biomanta precisará envolver todo o aterro, formando um envelope, sendo aplicadas estacas vivas de plantas entre uma camada e outra do envelopamento (Figuras 12 e 13). Deve-se proceder ao semeio de espécies vegetais que desenvolverão no paramento externo do solo envelopado (COUTO et al.2010).

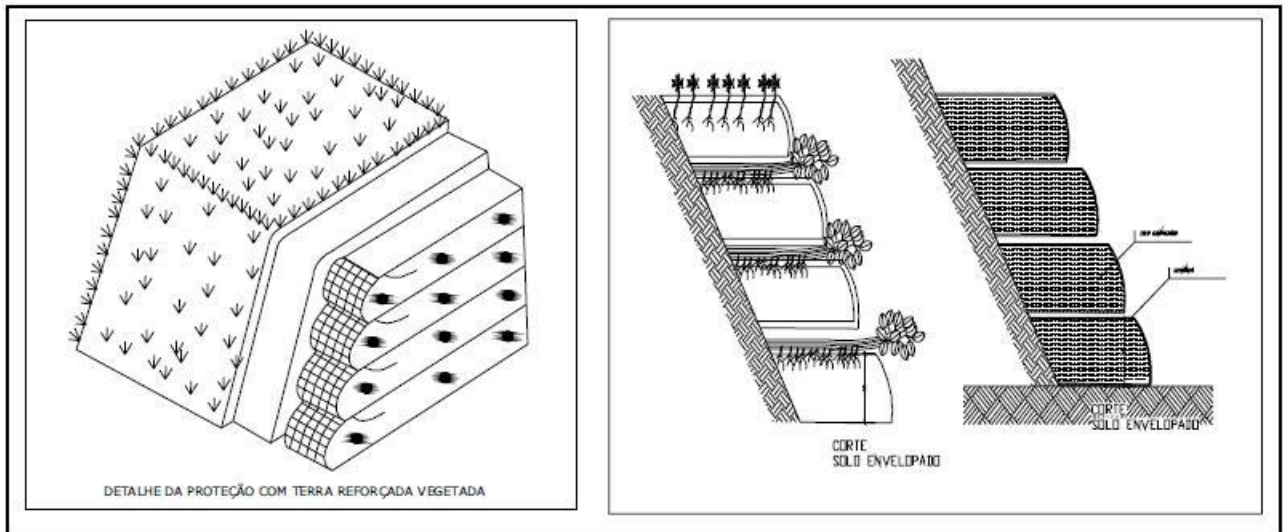


Figura 12: Método construtivo do solo envelopado verde.

Fonte: Aloísio (1998) apud Couto et al.(2010)



Figura 13: Revitalização da margem do rio utilizando solo envelopado verde e madeira com estacas vivas - Santa Luzia-MG, Rio das Velhas. Fonte: Couto et al.(2010).

4.3. Estacas Vivas

De acordo com Araujo, Almeida e Guerra (2009), o estaqueamento consiste na inserção de estacas vegetais, vivas e enraizadas no solo, conforme a Figura 14. Porém, muitas vezes a madeira ou gravetos utilizados com funções estruturais (inertes) podem enraizar, exercendo, dessa forma, funções biologicamente ativas, de acordo com a necessidade de aplicação (PEREIRA, 1997 apud COUTO et al.2010).

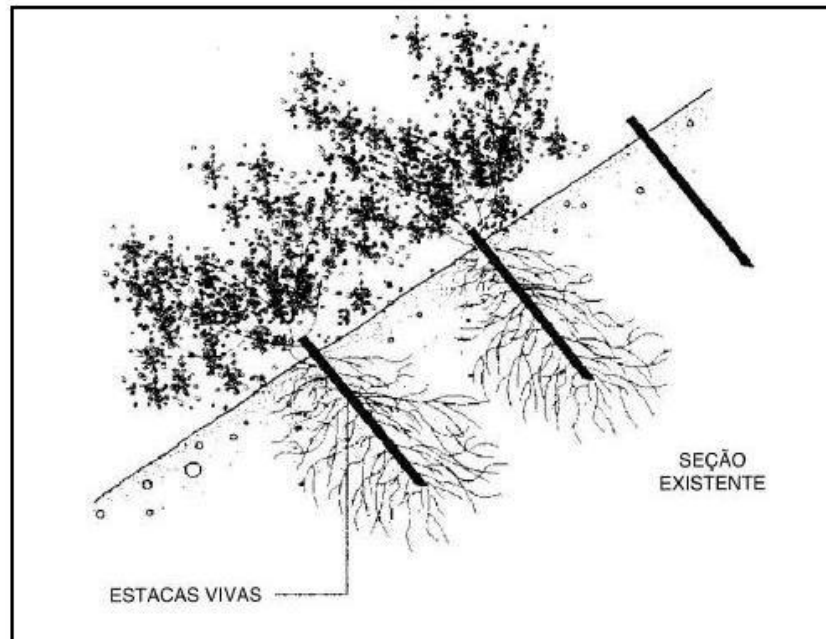


Figura 14: Diagrama esquemático da instalação de um sistema de estacas vivas já estabelecido e em pleno desenvolvimento.

Fonte: Araujo, Almeida e Guerra (2009).

Em Couto et al.(2010) é dito que os sistemas biotécnicos compostos de madeira ou estacas vivas apresentam diversas alternativas destas combinações para proteção de margens de rios e córregos, para recuperação de processos erosivos de formação de sulcos, ravinas e voçorocas, para contenção de taludes de corte e aterro, para drenagem de solos e como estruturas de contenção como gabiões, enrocamento, sistemas modulares, sistemas de confinamento celular, ancoramento de solo-cimento envelopado, sistemas de solo-reforçado e em paliçadas (Figura 15).



Figura 15: Revitalização do solo utilizando madeira e estacas vivas - Santa Luzia - MG, Rio das Velhas.

Fonte: Couto et al.(2010)

As estacas vivas podem ser colocadas em linhas através de uma encosta para ajudar a controlar movimentos de massa superficiais. Podem também ser colocadas por meio de redes de juta ou coco, como mostra na Figura 16. Tais estacas são instaladas em forma de V encosta abaixo e as linhas devem se desdobrar do cume da encosta até o sopé e elas devem ficar espaçadas de 0,30 a 0,45m dentro das linhas. São utilizadas ainda para se fornecer ma proteção auxiliar em torno de barragens e cabeceiras de voçorocas (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009).



Figura 16: Uso de estacas vivas com redes de juta para proteger o talude. Fonte: Gray e Sotir (1996) apud Araujo, Almeida e Guerra.

Dentre as espécies sugeridas para sistemas de estacas vivas as escolhidas devem apresentar elevada tolerância às variações das condições ambientais; altas taxas de crescimento vegetativo; sistemas radiculares finos e extensos; altas taxas de transpiração; ramos flexíveis e resistentes a abrasão e lesões; raízes resistentes à exposição ao ar que não seja da atmosfera do solo; facilidade de manejo por poda; resistência às pragas e doenças, e, sobretudo elevada capacidade de enraizamento a partir de estacas e material lignificado (COUTO et al.2010).

A seguir, serão apresentadas as normas e procedimentos que devem ser seguidos na instalação das estacas vivas no solo de acordo com Araujo, Almeida e Guerra (2009):

- Insira a estaca viva no solo em ângulos positivos, com relação à encosta. Use um martelo de borracha para não rachar as estacas.
 - Instale as estacas separadas de 60 a 90 cm, usando um espaçamento triangular. A densidade da instalação deve variar de duas a cinco estacas por m².
 - Devem ser enterrados no solo 2/3 a 3/4 do comprimento da estaca e o solo apertado firmemente em torno dela (Figura 17). Quanto mais ficar exposta ao ar, mais umidade é perdida. Essa umidade é crítica para o desenvolvimento das raízes.
 - As gemas devem ficar orientadas para cima.
- (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009, pg. 240)

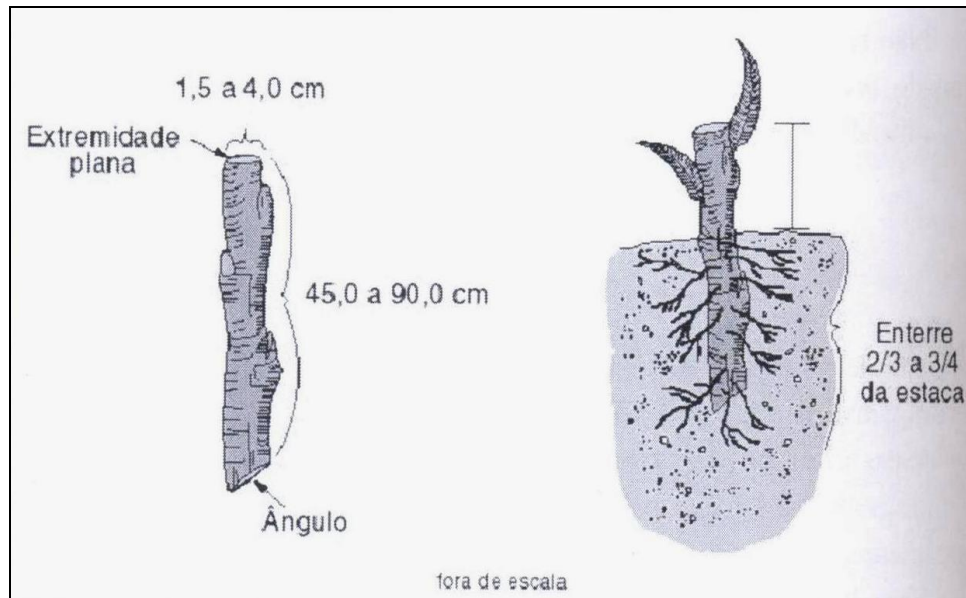


Figura 17: Diagrama esquemático de uma estaca viva.

Fonte: Lewis (2000) apud Araujo, Almeida e Guerra (2009).

4.4. Caniçadas Vivas

Segundo Araujo, Almeida e Guerra (2009) caniçadas vivas são galhos e ramos de material vegetativo enraizável que são atados em fardos e estabelecidos em trincheiras rasas. Os fardos são enlaçados com cordas e ancorados na trincheira com estacas de madeira e/ou estacas vivas, como pode se observar na Figura 18. As trincheiras são aprofundadas com as mãos e normalmente seguem as curvas de nível da encosta ou talude. No caso de encostas muito úmidas, as trincheiras necessitam ser escavadas fora das curvas de nível em ângulos diminutos para facilitar a drenagem. Após as caniçadas vivas estarem seguras com as estacas, as trincheiras são preenchidas com terra até que somente suas extremidades estejam expostas.

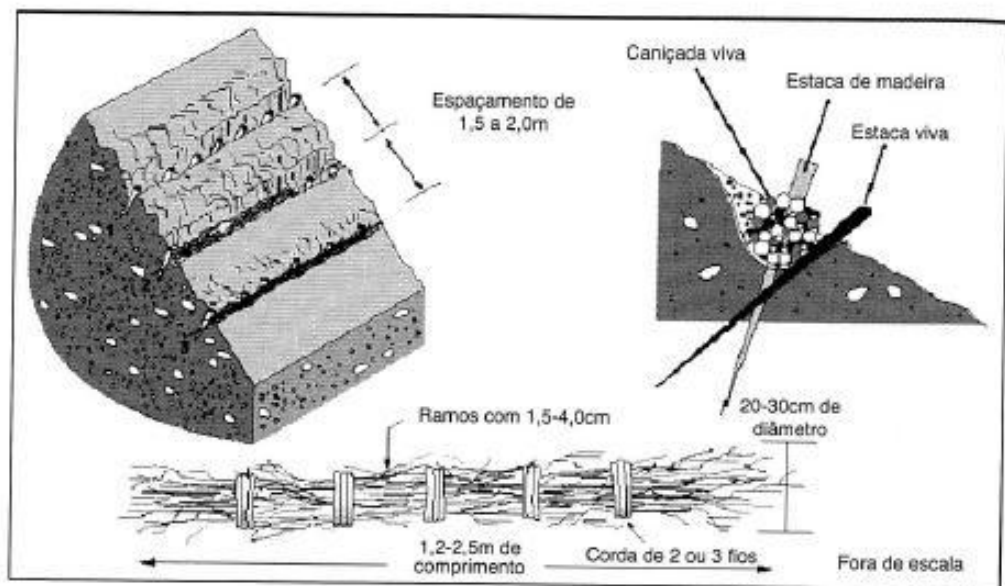


Figura 18: Diagrama esquemático de uma caniçada viva.

Fonte: Lewis (2000) apud Araujo, Almeida e Guerra (2009).

As caniçadas vivas são utilizadas para diversas finalidades na estabilização de encostas, tais como a estabilização de taludes de corte e aterro em estradas, voçorocas e outras áreas onde a erosão é um problema. Esta técnica quando aplicada, “reduzem a erosão imediatamente”, segundo Araujo, Almeida e Guerra (2009). São eficazes para encostas íngremes e rochosas, onde a escavação é difícil. São capazes de capturar e manter o solo na face do talude, transformando uma longa encosta em vários pequenos terraços. Podem ser usadas também como contentores de pequenas voçorocas e podem servir de drenos, quando os fardos forem dispostos em ângulos. É uma técnica mais apropriada para condições de solos úmidos.

A instalação de caniçadas vivas começa na base da encosta e prossegue encosta acima. As normas e métodos descritos a seguir são orientados de acordo com Araujo, Almeida e Guerra (2009):

- Começando na base da encosta, cave uma trincheira na curva de nível, grande o suficiente para conter um fardo de caniçadas. Cave a trincheira até uma profundidade um pouco menor do que o tamanho dos fardos.
- Coloque uma caniçada viva na trincheira e enfie uma estaca diretamente no fardo a cada 60 a 90cm, ao longo de seu comprimento. Devem ser utilizadas estacas extras nas conexões ou onde os fardos se sobrepõem.
- Coloque terra úmida ao longo das laterais dos fardos. As caniçadas vivas não devem ser enterradas completamente; pequenos ramos e folhas devem se projetar acima da superfície.
- Cave trincheiras extras em intervalos, encosta acima, e repita os passos precedentes até o topo da encosta, usando o espaçamento mostrado na Tabela 1. Quando possível, coloque uma ou duas linhas no topo da encosta. Os espaçamentos listados na Tabela 1. são conservadores, isto é, são menores do que os espaçamentos equivalentes recomendados por Kraebel (1936), baseado em seu trabalho em taludes de aterro íngremes e erodíveis. Kraebel recomendava um espaçamento vertical de 90cm entre as trincheiras. Esse limite fixo de 90cm se traduz em distancias variáveis no talude, que são algo em torno de 25% maiores do que os espaçamentos recomendados na Tabela 1.
- Fibras longas de palha ou *mulch* podem ser colocadas entre as linhas em taludes 1,5:1 (*Horizontal:Vertical*) ou mais suaves. Devem ser utilizadas redes de juta ou coco, em encostas mais íngremes. A rede pode ser ancorada no local, estendendo-a dentro das trincheiras e estaqueando a caniçada viva sobre a rede. (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009, pg. 245-246)

Tabela 1: Espaçamento recomendado para caniçadas vivas em encostas.

Declividade da encosta (H:V)	Distancia entre as trincheiras (m)	
	Em ângulo	Em curvas de nível
1:1 a 1,5:1	0,9 - 1,2	0,60 - 0,90
1,5:1 a 2:1	1,2 - 1,5	0,90 - 1,50
2:1 a 2,5:1	1,5 - 1,8	0,90 - 1,50
2,5:1 a 3:1	1,8 - 2,4	1,20 - 1,50
3,5:1 a 4:1	2,4 - 2,7	1,50 - 2,10
4,5:1 a 5:1	2,7 - 3,0	1,80 - 2,40

Fonte: Lewis (2000) apud Araujo, Almeida e Guerra (2009).

4.5. Hidrossemeadura

Entende-se por hidrossemeadura “a aplicação com bomba hidráulica, via aquosa, de sementes misturadas com adubos minerais, massa orgânica e adesivos de fixação” como mostra a Figura 19 (COUTO et al. 2010, pg. 94).

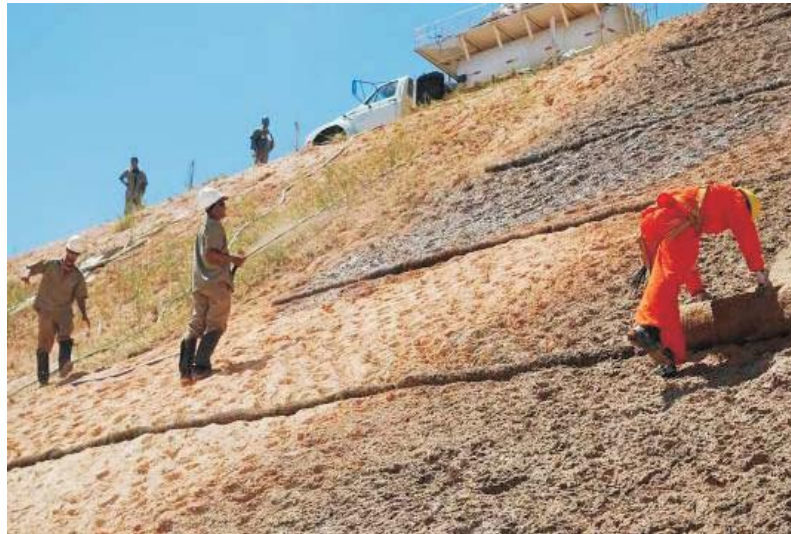


Figura 19: Demonstração da aplicação de hidrossemeadura em taludes de corte com leiras de bermalonga. Fonte: Couto et al.(2010)

Para uma eficácia na aplicação dessa técnica é mister que a face do talude fique a mais regularizada possível. As concavidades do terreno e as negatividades dos taludes devem ser extraídas, para atalhar a formação de novos focos erosivos e desmoronamentos. Após a regularização da superfície do talude e o sistema de drenagem estiver construído, inicia-se o preparo do solo, que consiste em efetuar a criação de covas pequenas (microcoveamento) umas próximas das outras e com profundidade suficiente para reter todos os insumos a serem aplicados, como fertilizantes, corretivos, *mulch*, adesivos e sementes (Figura 20) (COUTO et al.2010).

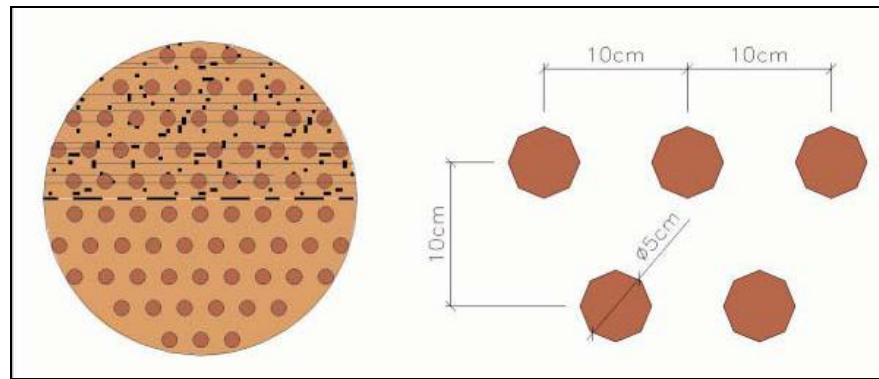


Figura 20: Desenho esquemático do microcoveamento. Fonte: Couto et al.(2010).

Couto et al.(2010) ainda diz que as sementes a serem empregadas deverão conter alusões à porcentagem de pureza e ao poder germinativo. A seleção das espécies basear-se-á em critérios de adequabilidade edafoclimática, rusticidade, capacidade de reprodução e perfilhamento, velocidade de crescimento e facilidade de obtenção de sementes.

No entanto, esse método não protege o solo imediatamente, e nos locais onde há suscetibilidade à erosão ocorrerá formação de focos erosivos até o estabelecimento da vegetação.

4.6. *Camadas de Ramos ou Vassouras (Brushlayering)*

De acordo com Gray e Sotir (1996) apud Araujo, Almeida e Guerra (2005), a camada de ramos (brushlayering) consiste em ramos vivos aparados intercalados entre camadas de solo, como mostra a Figura 21. Os feixes são postos de um modo entrelaçado ou sobreposto, de um jeito que suas extremidades se projetem para fora da face do aterro, retardando assim a velocidade do escoamento superficial e filtram os sedimentos para fora do escoamento superficial da encosta. Os caules se estendem de volta para o interior da encosta, muito semelhante aos reforços convencionais inertes, como os geotêxteis e geogrelhas. Porém, em oposição aos convencionais, as camadas de ramos se enraízam ao longo de seus comprimentos e agem também como drenos horizontais.

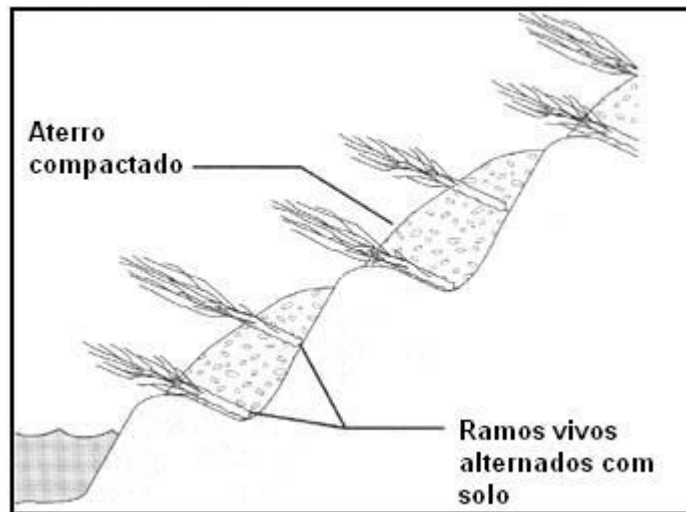


Figura 21: Diagrama esquemático de uma instalação em desenvolvimento de camadas de ramos em um talude de corte mostrando as camadas alternadas de ramos vivos alternadas entre ramos vivos colocados em terraços estreitos escavados na encosta. Fonte: Gray e Sotir (1996) apud Araujo Almeida e Guerra (2005) adaptado.

As camadas de ramos podem ser utilizadas para se estabilizar uma encosta contra deslizamentos superficiais, além de fornecer proteção contra a erosão. A orientação dos ramos é mais eficiente do que a das caniçadas vivas do ponto de vista do reforço do solo e da estabilidade de massas de solo. A camada de ramos funciona melhor em aterros do que em taludes de corte, porque podem ser utilizados ramos mais longos do que no primeiro caso. A instalação de camadas de ramos vivos começa na base da encosta e prossegue encosta acima. O procedimento de instalação difere para taludes de corte (ou naturais) e aterro. As seguintes diretrizes e procedimentos são bem genéricas e gerais para os dois métodos (ARAÚJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009):

- A superfície (ou terraço) em que as camadas de ramos são colocadas deve ficar levemente inclinada para trás (aproximadamente 10 a 20°)
- Coloque as estacas de ramos vivos em trincheiras escavadas (taludes de cortes ou naturais) ou em uma leira de solo (taludes de aterro ou represas) em uma configuração entrelaçada ou sobreposta.
- As gemas de crescimento dos ramos devem ficar alinhadas em direções à face externa da encosta.
- Coloque o aterro no topo dos ramos e compacte o solo para eliminar as entradas de ar. As gemas dos ramos devem se estender ligeiramente além da face da encosta, de forma a reduzir o escoamento superficial e filtrar os sedimentos.
- As fileiras de feixes de ramos devem ficar espaçadas umas das outras aproximadamente 1,0 a 3,0m ao longo da encosta, dependendo da sua declividade, das condições do solo local e da posição na encosta. As diretrizes nominais de espaçamento são apresentadas na Tabela 2. O espaçamento entre as linhas deve ser reduzido na base

de encostas altas e íngremes para uma maior segurança. O espaçamento exato pode ser calculado usando-se métodos de equilíbrio de forças baseados em um fator de segurança desejado para a estabilidade de massas, nas propriedades de tensão do feixe de ramos, e outras variáveis do solo e do local.

- Geotêxteis ou geogrelhas naturais, tais como telas e mantas vegetais também podem ser usadas como invólucros em torno de camadas de solo, de forma a oferecer um maior reforço e contenção. De forma alternativa, geogrelhas poliméricas ou geotêxteis sintéticos podem ser utilizados se for necessária uma maior resistência e durabilidade.
- Fibras longas ou materiais similares (como *mulch*) devem ser colocados entre as fileiras, quando da instalação em encostas 3:1 (H:V) ou menos íngremes. Telas de juta ou coco, ou redes de contenção devem ser utilizadas em encostas mais íngremes. O tecido pode ser ancorado no local, envolvendo-o em torno da face frontal de leiras de solo, quando da aplicação em um talude de aterro.

Tabela 2: Espaçamento da camada de ramos recomendado em encostas.

Declividade da encosta	Distância aproximada entre as linhas de ramos vivos	
	Em ângulo: encostas úmidas (m)	Em curva de nível: encostas secas (m)
1,5:1 a 2:1	0,9 - 1,2	1,2 - 1,5
2:1 a 2,5:1	0,9 - 1,2	1,5 - 1,8
2,5:1 a 3:1	1,2 - 1,5	1,8 - 2,4
3:1 a 4:1	1,5 - 1,8	2,1 - 3,0

Fonte: Lewis (2000) apud Araujo, Almeida e Guerra (2009)

4.7. Geogrelhas Vegetadas

Uma instalação de geogrelhas vegetadas consiste de estacas de ramos vivos, intercaladas entre camadas de solo e cobertas por materiais geotêxteis naturais ou sintéticos, como mostra na Figura 22.

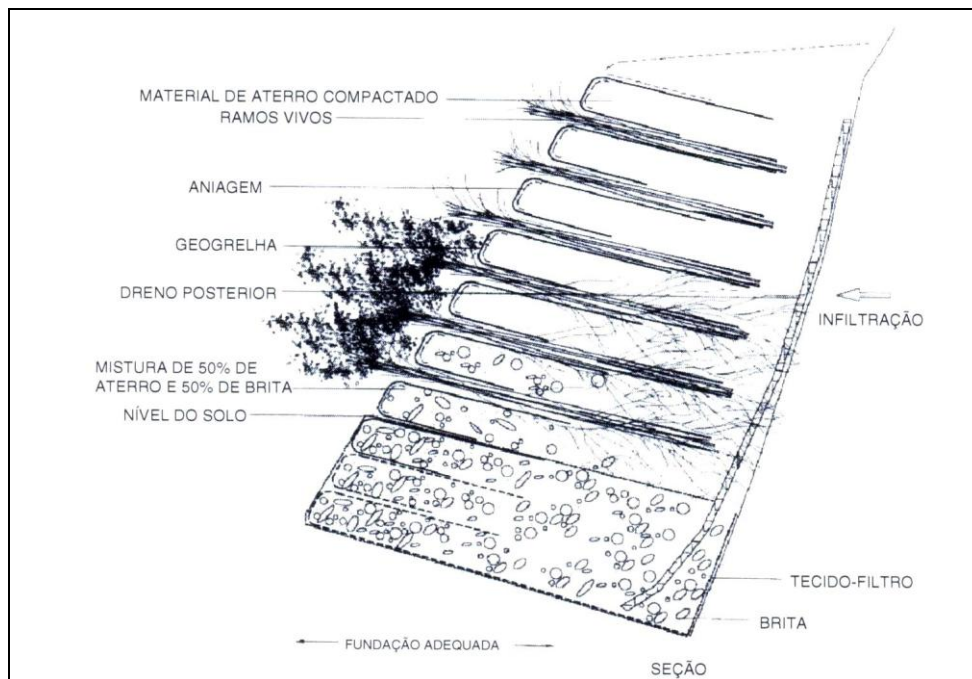


Figura 22: Diagrama esquemático de uma instalação de camadas de ramos mostrando as camadas alternadas de feixes de ramos vivos inseridos entre leiras de solo envolvidas por geotêxteis sintéticos ou naturais. Fonte: Lewis (2000) apud Araujo, Almeida e Guerra (2009)

As estruturas de geogrelhas vegetadas podem ser utilizadas para estabilizar encostas muito íngremes, além de fornecer proteção contra a erosão superficial. As geogrelhas vegetadas podem ser usadas também para estabilizar e reforçar taludes de aterro com drenagem. Elas são uma alternativa às estruturas de contenção verticais e em situações em que se deseje evitar a invasão da base ou do topo das encostas. As geogrelhas vegetadas também podem ser usadas para proteger encostas que estão sujeitas à lavagem periódica ou situações de estresse (em relação à forma de tração), tais como canais de drenagem ou as porções superiores de margens de rios (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009).

Uma instalação de geogrelhas vegetadas se inicia na base da encosta e prossegue encosta acima. Uma estrutura de geogrelhas vegetadas deve ser sustentada pela base de uma rocha ou inclinada em um ângulo de no mínimo 10° a 20° para minimizar as forças laterais do solo. As seguintes diretrizes e procedimentos se aplicam ao uso de geogrelhas vegetadas para a construção de uma estrutura de aterro (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009):

- Deve-se escavar uma trincheira em um horizonte adequado, bem como abaixo da provável profundidade da erosão. Essa trincheira é preenchida com

pedras para fornecer uma base para a estrutura de geogrelha vegetada. A superfície superior das pedras deve ser inclinada com a horizontal para estabelecer o ângulo mínimo desejado de batimento da estrutura de geogrelha sobrejacente. Geralmente são incorporadas acima da base de rochas duas camadas ou leiras de rochas envoltas em geogrelhas, com o tamanho de 0,05 a 0,10m.

- Uma estrutura de terra, reforçada com geogrelhas sintéticas e ramos vivos, é construída acima da base de rochas. Uma faixa de geogrelhas é colocada próximo à margem frontal do aterro e estaqueada na leira subjacente, com uma superposição mínima de 0,90m. São utilizadas para esse objetivo estacas de madeira, espaçadas a cada 0,90m ao longo do comprimento da superposição.
- O material de preenchimento selecionado é colocado nas geogrelhas e compactado em leiras de 0,10m para uma espessura nominal que varia de 0,30 a 0,75m. Leiras mais finas são utilizadas na base da estrutura, onde a força de cisalhamento é maior. É necessária a colocação de placas temporárias na face frontal, para confinar o aterro selecionado durante o processo de instalação e para formar uma face plana. Tiras de aniagem de, pelo menos, 0,10m são inseridas entre o aterro e as geogrelhas, na face frontal, e estaqueada no local (Figura 22) para conter os sedimentos finos.
- As seções expostas de geogrelhas são puxadas para cima e por sobre as faces das camadas de aterro e estaqueadas no local. As geogrelhas devem ser puxadas, da forma mais uniforme possível, antes de serem estaqueadas, utilizando-se alguma máquina para desenvolver uma tensão inicial na geogrelha. Um trator ou guincho puxando uma barra comprida, com ganchos ao longo de seu comprimento, funciona bem para esse fim. A geogrelha tensionada deve ser presa no local, utilizando-se estacas de madeira, a cada 0,90 – 1,0m.
- No topo de cada camada de aterro, embalada com geogrelha, é colocada uma camada de 0,05 a 0,10m do material selecionado para o aterro. Três camadas de ramos vivos com 0,60 a 1,20m de material de aterro são colocadas, então, entre a camada.
- O processo é repetido com camadas sucessivas de aterro, ramos vivos e geogrelha até que a altura ou elevação desejada seja alcançada.
- A espessura da leira de aterro recomendada entre as camadas de geogrelhas depende das variáveis de solo de do local, das propriedades dos reforços e do fator de segurança desejado. O espaçamento entre as leiras de aterro deve ser reduzido nos sopés de encostas altas e íngremes para um maior reforço e segurança. O espaçamento vertical máximo e o comprimento de geogrelhas, ou de camadas de reforço sucessivas, são determinados a partir do fator de segurança especificado, do ângulo da encosta, da resistência ao cisalhamento do solo, da força de tensão unitária permitida e das propriedades de atrito na interface das camadas de reforço. Podem-se adotar para esse fim as diretrizes convencionais para espaçamento e comprimento do invólucro, em reforços de geogrelhas em uma encosta (THIELEN e COLLIN, 1993 apud ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009).

4.8. Empacotamento de Ramos (*Branchpacking*)

O empacotamento de ramos versa em alternar camadas de estacas de ramos vivos e aterro compactado para reparar estigmas e depressões em encostas. Além disso, são assentadas longas estacas de madeira no solo intacto, ao fundo da depressão. A Figura 23 exemplifica um sistema de empacotamento de ramos (Gray e Sotir, 1996).

Esta técnica é utilizada para o reparo e o preenchimento de pequenos movimentos de massa e voçorocas em encostas naturais e taludes de corte e aterros. Ele reforça o aterro usado para reparar o defeito e o protege da erosão. Os reparos realizados com essa técnica, em áreas de voçorocas, devem ficar restritos a depressões menores do que 1,20m de profundidade e 1,50m de largura. Pode ser necessária a instalação de drenos de interceptação subsuperficiais, se quantidades significantes de infiltração subsuperficial entrar na depressão. A causa do problema deve ser enfocada antes ou em conjunto com a instalação do empacotamento de ramos.

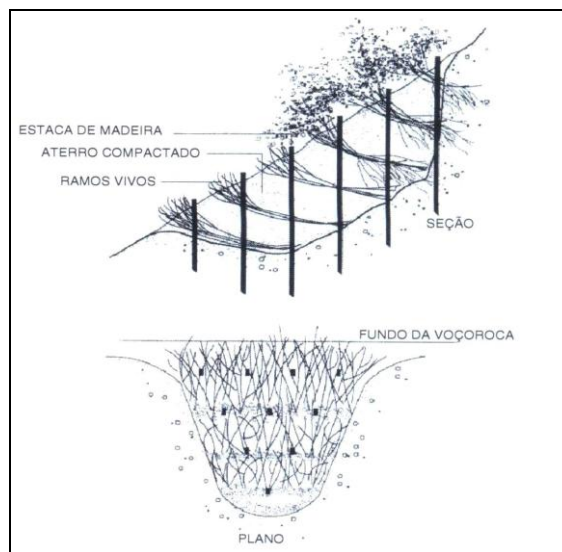


Figura 23: Diagrama esquemático de uma instalação em desenvolvimento de empacotamento de ramos (branchpacking). Visão lateral e visão frontal. Fonte: Lewis (2000) apud Araujo, Almeida e Guerra (2009).

As instalações de empacotamento de ramos começam no ponto mais baixo da voçoroca e prosseguem de forma ascendente. As seguintes diretrizes e procedimentos devem ser seguidos quando da instalação de um sistema de empacotamento de ramos (ARAÚJO, ALMEIDA e GUERRA, 2009):

- Começado do ponto mais baixo, finque as estacas de madeira verticalmente no solo por, aproximadamente, 0,90m. Coloque as escadas de 0,30 a 0,45m de distância umas das outras.
- Uma camada de ramos vivos, com uma espessura de 0,10 a 0,15m, é colocada na base (fundo) da voçoroca, entre as estacas na vertical, e perpendicular ao fundo. Algumas extremidades basais do ramo devem tocar o fundo da voçoroca.
- Camadas subsequentes de ramos vivos são colocadas com suas extremidades basais mais baixas do que as gemas de crescimento.
- Cada camada de ramos deve ser seguida por uma camada de solo compactado para assegurar um contato próximo com as estacas vivas dos ramos.
- A instalação final deve ser comparada com o perfil existente na encosta. Os ramos devem se projetar um pouco para fora da face aterrada. O solo utilizado para o aterro tem de estar úmido (ou levemente umedecido), de forma a assegurar que os ramos vivos não sequem.

4.9. Aterro Vivo para o Reparo de Voçorocas

Um aterro vivo para o reparo de voçorocas consiste de camadas alternadas de estacas de ramos vivos e solo compactado. Esse aterro reforçado pode ser utilizado para recuperar ravinas e pequenas voçorocas. Este método é semelhante ao empacotamento de ramos, mas é mais apropriado para o reparo e o preenchimento de depressões alongadas, tais como as voçorocas. Os detalhes mais interessantes deste sistema de reparo podem ser visto na imagem seguinte (Figura 24) (Gray e Sotir, 1996).

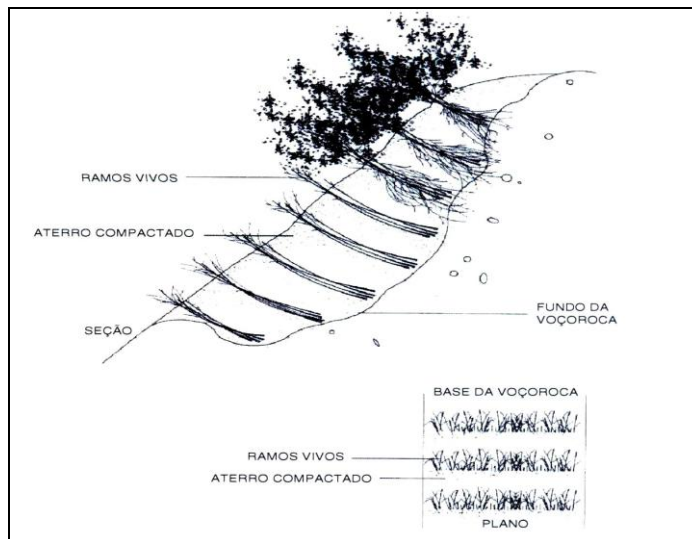


Figura 24: Esquema de um sistema de aterro vivo para o reparo de voçorocas em desenvolvimento. visão lateral e visão frontal. Fonte: Adaptada de Gray e Sotir (1996).

Essa técnica é utilizada no reparo e no preenchimento de ravinas e pequenas voçorocas em encostas naturais. Os reparos realizados com essa técnica devem ficar a voçorocas com, no máximo, 0,60m de profundidade e 0,45m de comprimento. Pode ser necessária a instalação de drenos de interceptação subsuperficiais se quantidades significativas de infiltração subsuperficial entrarem na voçoroca pela sua cabeceira e paredes laterais. A água proveniente da cabeceira, ou topo, deve ser interceptada e redirecionada para fora da área. As seguintes diretrizes e procedimentos devem ser seguidos quando se for instalar um sistema de aterro vivo para o reparo de voçorocas, de acordo com Araujo, Almeida e Guerra (2009):

- Começando do ponto mais baixo da encosta, coloque uma camada densa (0,07 a 0,10m de espessura) de ramos na extremidade mais baixa da voçoroca e, aproximadamente, perpendicular à base da mesma (Figura 24)
- Cubra a camada de ramos com uma camada de solo de 0,15 a 0,20m de espessura e compacte.
- Coloque os ramos vivos de forma entrelaçada.
- Cubra toda a camada de ramos com uma camada de solo; trabalhe e compacte o solo, de forma a assegurar um contato próximo com os ramos e elimine grandes vazios no aterro.

Segundo Morgan e Rickson (1995) apud Durlo e Sutili (2005), a bioengenharia da prioridade à reprodução vegetativa, porém, os métodos germinativos são respeitáveis em específicas situações, sendo utilizados em associação aos métodos vegetativos. As principais formas de plantio são relacionadas de forma reduzida no Quadro 2, mostrado a seguir.

Quadro 2: Síntese de algumas das principais técnicas de Bioengenharia.

Técnica	Breve descrição	Característica principal (função)
1. Estacas	Estacas simples, com cerca de 40 cm, que são cravadas no talude.	Fácil implantação, preparo e transporte do material vegetal. Resultados menos imediatos. As estacas podem ser facilmente levadas pela força da água.
2. Feixes (brushlayering)	Ramos longos, amarrados, formando feixes. São usados parcialmente enterrados e fixados com estacas e pedras, dispostos ao longo da margem.	Além do efeito normal, esperado pelo desenvolvimento da vegetação, produz imediatamente uma proteção física. É a forma ideal para ser usada entre os vãos das estruturas de madeira.
3. Banquetas	Degraus transversais com a inclinação do talude são preenchidos com estacas, que são, por vezes presas com madeira e/ou pedras e, ao final cobertas com solo	Ideal para taludes artificiais, como os que resultam da construção de estradas, e onde se queira criar um efeito de retenção dos sedimentos que descem da encosta.
4. Esteiras	Ramos no seu máximo comprimento são dispostos acompanhando a inclinação do talude e com as suas bases dentro da água, firmemente presas por pedras e/ou troncos. Pilotos de madeira com varas de bambu ou arame são usados para fixar os ramos contra o talude, sendo tudo coberto por uma fina camada de solo.	Restringe-se a taludes fluviais e requer uma grande quantidade de material vegetal. Quando possível de ser implantado, produz os efeitos protetivos mais rápidos. Muito eficiente em taludes nos quais a força da água é de impacto frontal. Logo após a implantação já suporta tensões muito altas.
5. Tranças	Ramos longo tem suas bases encravadas no solo e são trançados entre pilotos (vivos ou inertes).	Produz ótimos efeitos quando usado para proteger a linha da água em pequenos cursos e para reter sedimentos em taludes que não sofram impacto frontal da água.
6. Leivas	Leivas, normalmente de gramíneas, são transplantadas para a área, que é completamente recoberta ou o plantio pode ser feito em faixas ou quadrículas	Pode produzir um efeito estético e de proteção quase imediato. É caro e não muito importante para taludes fluviais de grande instabilidade.
7. Bermalonga	Cilindros de fibras vegetais, prensadas e envolvidas por uma rede resistente de polipropileno.	Retentores de sedimentos.
8. Paliçada	São anteparos que deverão ser construídos nos estreitamentos dos processos erosivos lineares de pequeno e médio porte, onde não ocorra escoamento superficial concentrado ou afloramento freático intermitente ou permanente.	Reter os sedimentos e promover uma geometria mais estável para os taludes adjacentes ao processo erosivo.
9. Solo envelopado verde	Esta é uma técnica que consiste em aplicar uma camada de solo e compactá-lo. Após isto, a biomanta será aplicada a modo de envolver todo o aterro, formando um envelope, e então, aplica-se estacas vivas entre uma camada e outra. Deve-se proceder o semeio de espécies vegetais.	Rrecomposição de taludes, contenções de erosões e envelopamento de aterros.
10. Sementes	Sementes são lançadas manualmente sobre o talude, previamente modelado.	Suficiente para locais com pequena inclinação. Em taludes fluviais, é normalmente uma medida complementar.
11. Geotêxteis	Malhas construídas com restos culturais ou fibras vegetais degradáveis são impregnadas de sementes e adubos e fixadas, com estacas, contra o talude.	Uma das alternativas mais caras, mas produz estabilização rápida. Pode ser usada em taludes muito íngremes e bastante degradados.
12. Hidrossemeadura	Sementes são misturadas à água, cola e adubo e lançadas mecanicamente sobre o talude.	Método dispendioso técnica e economicamente. Rápido e fácil de ser implantado quando se dispõe dos recursos.
13. Mudas	Mudas são produzidas em viveiros e, quando adquirem o tamanho ideal, são plantadas no talude.	É importante para as espécies que não se reproduzem vegetativamente bem.

Fonte: Durlo e Sutuli (2005) adaptado.

4.10. AÇÕES E FERRAMENTAS NO MANEJO DE CURSOS DE ÁGUA

De acordo com Durlo e Sutili (2005) a estabilidade de um talude fluvial pode ser buscada, diminuindo a velocidade da água e dessa forma, seu potencial de erosão e/ou aumentando as forças de resistência do talude. As biotécnicas podem produzir esses dois efeitos separadamente ou simultaneamente.

A biotecnica pode ser dividida em dois grupos, os de obras transversais e os de obras longitudinais. O primeiro grupo age principalmente na redução da velocidade da água através do desenvolvimento de um perfil de compensação que modifica a inclinação original do leito, e dessa forma, é forçado o depósito de sedimentos, consolidando o leito e estabilizando as margens. As estruturas utilizadas nesse tipo de contenção são normalmente inertes (barragens de consolidação, soleiras ou cintos basais), mas podem ser complementadas por técnicas vegetativas. O segundo grupo, por sua vez, não altera a declividade do leito e suas funções são a de reconstruir, proteger e estabilizar as margens. Isso pode ser conseguido tanto com o revestimento vegetal e/ou físico das margens, como pela construção de râmprolas (defletores) que visam, igualmente, reduzir a velocidade da água e forçar o depósito de sedimentos no local desejado, ou seja, nas proximidades à margem em tratamento, porém sem alterar a declividade do leito (DURLO e SUTILI, 2005).

No tratamento de curso d'água com o uso de biotécnicas, em oposição às técnicas convencionais, deve-se seguir o princípio de conservação da morfologia característica do curso e a dinâmica das águas, como salienta Schiechl e Stern (1994) apud Durlo e Sutili (2005). Mencionam ainda que seja necessário evitar a retificação, a eliminação de poços de água, à uniformização da velocidade da água e da largura do curso. Simultaneamente, é preciso a busca pela implantação, desenvolvimento e o tratamento com vegetação apropriada ecologicamente para a área, tendo em mente o uso múltiplo do curso d'água.

Os efeitos da corrosão dos deslizamentos, muitas vezes, em um talude fluvial se desenvolvem a de maneira que seja difícil ou até impossível a o desenvolvimento de vegetação. Dessa forma, quando a declividade apresentada pela margem justafluvial não conceder a estabilidade precisa, a premissa da ação será de redesenhá-lo, buscando uma gradiente adequado. Em gradientes acima de 1:1 (45°) aproximadamente, é difícil da vegetação de estabelecer novamente, sendo assim, faz-se necessário o uso das técnicas tradicionais, com maior investimento em estruturas inertes ou em geotêxteis (DURLO e SUTILI, 2005).

De acordo ainda com esses dois autores, a escolha da técnica de plantio é função de diferentes fatores, como das características biotécnicas da vegetação a ser utilizada, das propriedades do substrato, da constância, do volume e da velocidade das vazões, bem como da profundidade do curso d'água. A Figura 25 aconselha o uso de diferentes formas de plantio e de materiais, na dependência da inclinação do talude. na medida em que as encostas se tornam mais abruptas e/ou instáveis, mais será necessária a utilização de formas e arranjos especiais para a revegetação, como também que se utilize e combine estruturas inertes como pedras, madeira, telas, paredes de madeira (*Crib wall*) entre outras, com a vegetação.

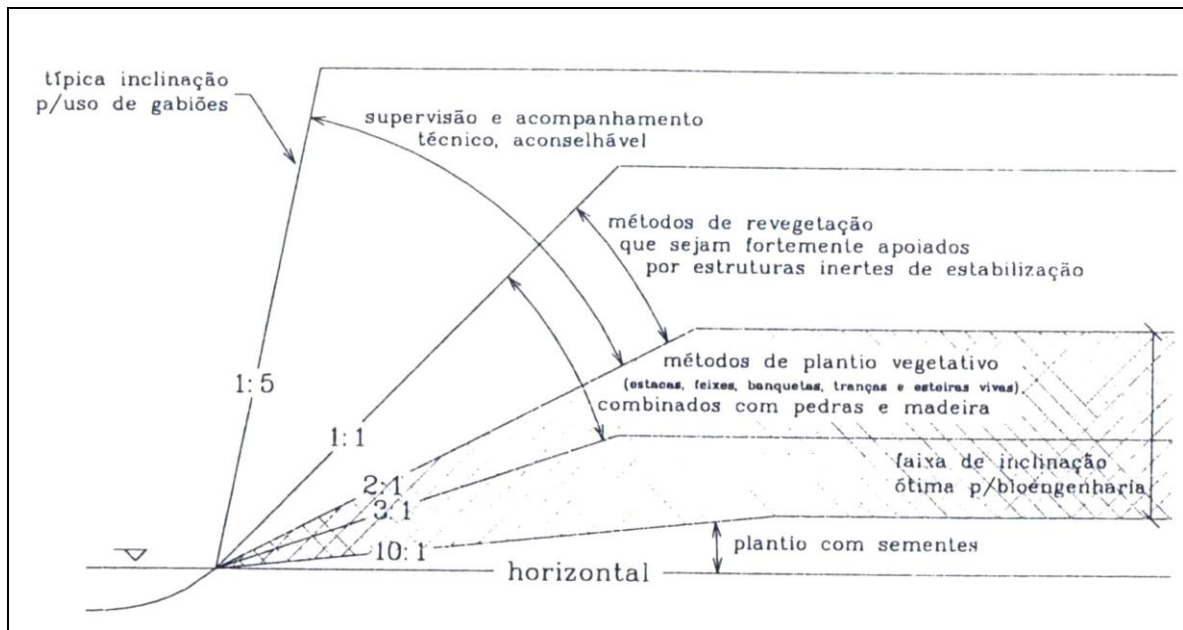


Figura 25: Determinação do método apropriado em função da inclinação da margem. Fonte: FISRGW (1998) apud Durlo e Sutuli (2005).

Na Figura 25 é mostrada a faixa de inclinação ideal dos taludes fluviais onde possam ser aplicadas com vantagem, as técnicas de bioengenharia. Segundo Durlo e Sutuli (2005) declives cortados em terraços pequenos, com inclinações de aproximadamente 3:1 podem ser a melhor opção, pois permite maior acumulo de umidade, o que favorece no desenvolvimento da vegetação.

É importante ter em mente, que as obras de bioengenharia não alcançam todo seu potencial em seguida a sua instalação. Há, primeiramente, que aguardar que as raízes das plantas se desenvolvam e elas comecem a crescerem. Nesse período é possível que seja necessária a intervenção com reposição de mudas que por ventura venham a ter insucesso. Somente após esta fase de implantação, é que haverá o desempenho integral de sua ação corretiva e duradoura sobre o problema a ser solucionado (ARAUJO, ALMEIDA e GUERRA, 2005).

5. ESTUDO DE CASO NO BAIRRO RESIDENCIAL MARÉ MANSA E PARQUE IMPERIAL, PRESIDENTE PRUDENTE/SP

A ocupação da região de Presidente Prudente se deu no contexto do avanço do café, por meio do surgimento de núcleos de apoio ao longo da Estrada de Ferro Sorocabana. Assim como Presidente Prudente, Álvares Machado surgiu nas margens da ferrovia, distando cerca de 15 quilômetros da estação ferroviária prudentina.

No entanto, com o passar dos anos, principalmente no final da década de 1970, novos loteamentos foram aprovados no município de Álvares Machado, de forma que a malha urbana avançou consideravelmente em direção à Presidente Prudente. De acordo com os levantamentos realizados junto à Prefeitura Municipal de Álvares Machado, foram aprovados nove loteamentos, entre 1980 e 1994, somente na zona leste da cidade, que se constitui na área próxima ao limite municipal com Presidente Prudent. (MIYAZAKI e WHITACKER, 2005).

A cidade de Presidente Prudente, no entanto, ampliou sua malha urbana para oeste, norte e sul, frente aos problemas encontrados para a ocupação em direção à zona leste. Presidente Prudente e Álvares Machado estão interligadas pela Estrada Intermunicipal Arthur Boigues Filho. Esta via constitui-se em um “importante corredor diário da população de Álvares Machado para Presidente Prudente em razão de trabalho, saúde, comércio, lazer e educação” (KAHALE, RAFAEL e RODRIGUE, 1996).

A Estrada Intermunicipal Arthur Boigues Filho constitui-se em uma das áreas em que o avanço da malha urbana se encontra em um estágio mais avançado, tendo suas margens ocupadas por inúmeras atividades, desde loteamentos residenciais a estabelecimentos comerciais e industriais.

No início dos anos 2000, esta via passou por algumas obras, recebendo melhorias como canteiro central e iluminação pública. Os investimentos públicos nessa área foram importantes para o surgimento de novas atividades. Os primeiros resultados podem ser observados no trecho de Presidente Prudente, onde novos loteamentos residenciais foram implantados após as obras de duplicação e iluminação da via. É nessa conjuntura que passam a existir os Bairros Maré Mansas e Parque Imperial. Ressalta-se ainda que o surgimento desses bairros fizesse com que novas linhas de transporte coletivo urbano fossem implantadas para

atender os moradores desses loteamentos. Os bairros Maré Mansa e Parque Imperial foram implantado em meados do ano 2000 (Figura 26), onde além de proporcionar a casa própria aos seus novos moradores, a construção desses novos bairros exigiu que se respeitasse a limitação dos 30 metros de APP, sendo esta totalmente cercada e na data da concretização do bairro, foram plantadas mais de 10000 mudas em toda a extensão dos afluentes do córrego do Limoeiro que cercam os respectivos bairros (MIYAZAKI e WHITACKER, 2005).



Figura 26: Visualização dos bairros e dos trechos de estudo.

Fonte: Google, 2010.

5.1. CARATERIZAÇÃO DO PROBLEMA

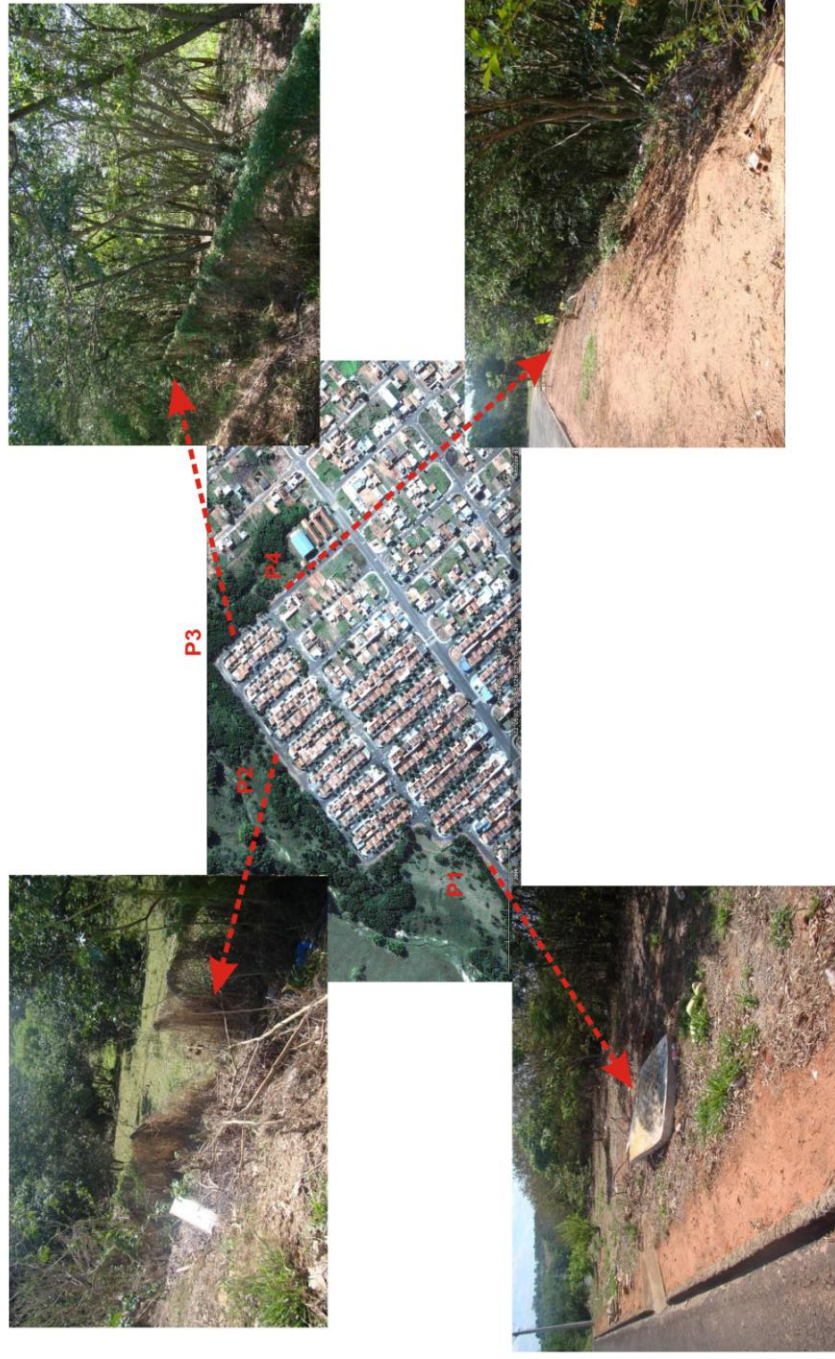
5.1.1. Adjacências à Área de Preservação Permanente

Garantir com igualdade o direito de ir e vir a toda comunidade é um ato de cidadania, previsto em lei (Lei Municipal 72/1999). É comum encontrarmos calçadas em condições precárias, que atrapalham ou até impedem a circulação dos pedestres (ALMEIDA e FERREIRA,2008). Após uma visita de campo, realizada no dia 06/10/2011, foi possível a visualização da precariedade do calçamento nas adjacências à APP. A área se encontra degradada físico e esteticamente, pois além dos processos erosivos, decorrente do solo exposto, há pontos de “bota fora¹” irregulares por toda a extensão dessa borda do bairro, como é pode ser visto na figura 27. O trecho em questão situa-se ao longo das Ruas Cristobal Sanches, Conrado João Baceti, Raimundo Gomes Tavares e Natalina Cordeiro Fonseca.

Em uma conversa informal com o presidente do bairro Maré Mansa, ele nos disse que a ideia inicial era que toda essa faixa fosse de calçamento e área de lazer, porém a Prefeitura não deu sua conclusão. Este representante disse ainda que a população é a favor da área de preservação permanente presente no bairro e que a melhoria desse espaço faria com que os mesmos se sentissem motivados a não continuar a depositar seus resíduos nesse espaço.

¹ Bota fora: Termo usado em Engenharia e Mineração para designar genericamente os produtos, não servíveis a curto prazo, que necessitam ser colocados de lado, provisória ou definitivamente.

Pontos de Degradação da ala esquerda do Bairro Maré Mansa



Organização: Cristiane Jucá Santana
 Fonte: Google, 2010.

Fotos: Cristiane Jucá Santana. 06/10/11

Figura 27: Situação na margem esquerda do bairro Maré Mansa, com pontos de bota fora, e ausência de calçamento. P1: Região com diversos pontos de “bota fora” e a ausência de calçamento. P2: Ponto em que é possível a entrada na APP e onde se visualizou a presença de gado. P3: Área com vegetação vigorosa, porém com ausência de calçamento. P4: Área desnivelada, com processos erosivos e com ausência de calçamento.

5.1.2. Nascente

A cabeceira da nascente que divide os bairros situa-se entre a Rua Natalina Cordeiro Fonseca, Rua Maria Godoy Canholi e Rua Mauro Meloni, e justamente neste ponto que está localizada a E.M.E.I.F. Rosana Negrão Freitas dos Santos e onde novas construções, do lado do Bairro Parque Imperial, estão sendo alocadas, na Rua Mauro Meloni. Como pode ser visto na Figura 29, na carta das APPs, as referidas edificações se encontra dentro da Área de Preservação Permanente, que por se tratar de uma nascente tem seu limite de 50 metros na cabeceira e de 30 metros no corpo d'água, conforme a Lei 4771/65, e que como pode ser visto, não foi respeitado (Figura 28). Também foi notado que estas casas estão fazendo aterramento do terreno para que as mesmas fiquem no nível da rua, e este fator tem contribuído para a erosão do terreno.

Ainda nesse espaço, há uma tubulação de escoamento das galerias pluviais. Porém, como pode ser visualizada na Figura 30, esta tubulação possui um dimensionamento desconexo, pois tem causado processo erosivo de proporções consideráveis. A erosão causada por essa saída de água chega a dimensões de 10 x 15 m de extensão, chegando a uma profundidade de aproximadamente 6 m.

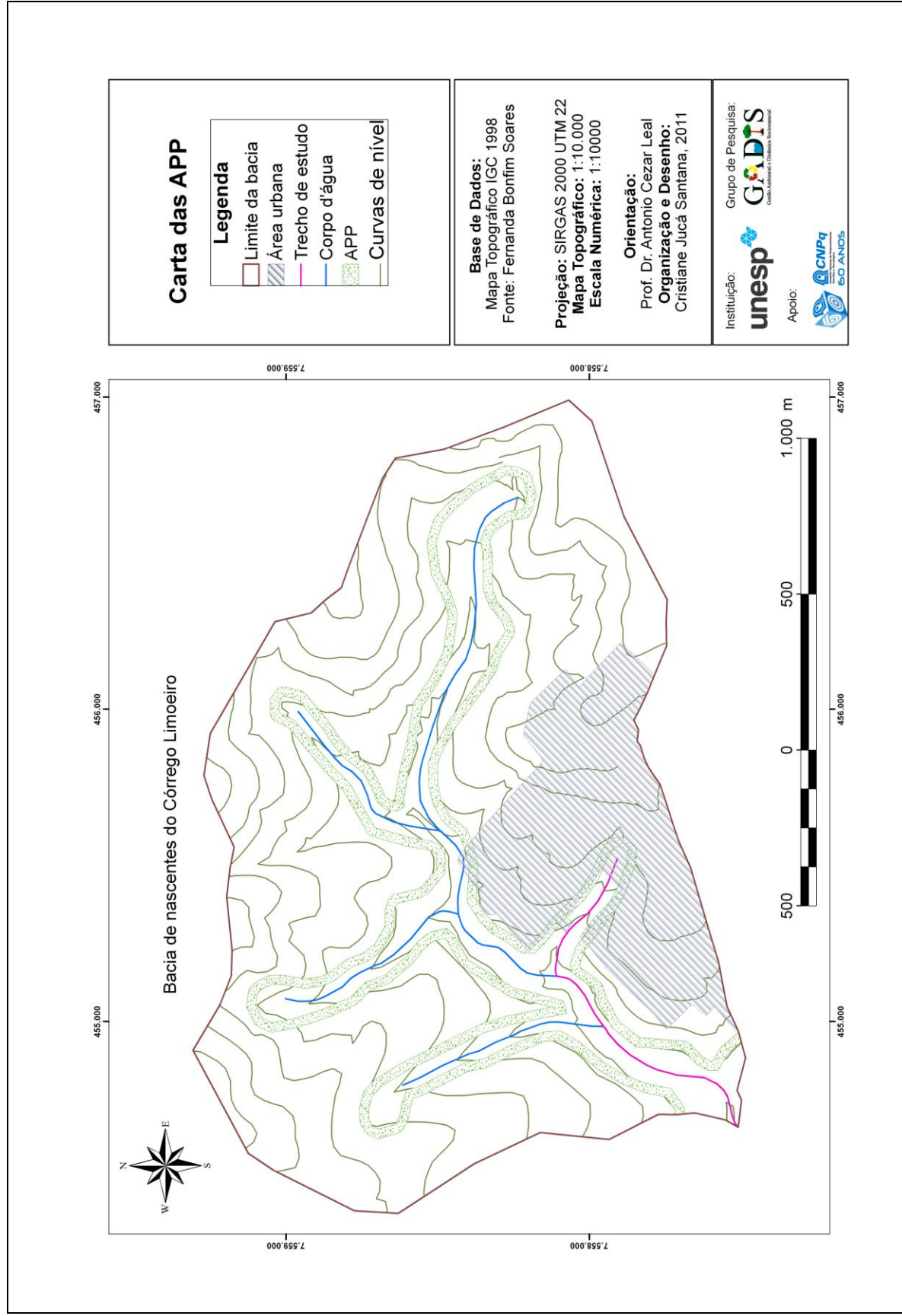
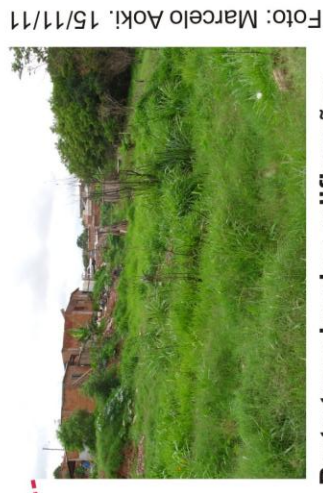
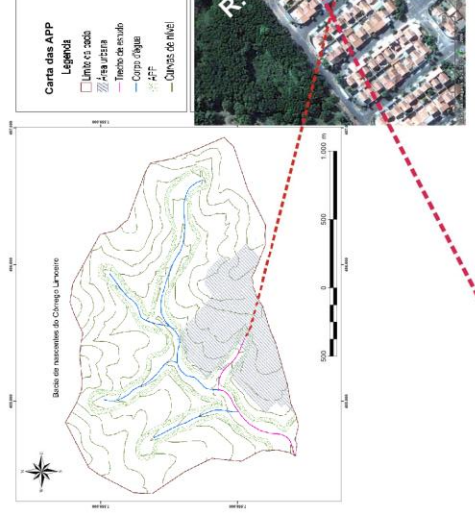


Figura 28: Carta das APP presente no entorno dos Bairros Maré Mansa e Pq. Imperial, em destaque o trecho de estudo.

Situação de degradação ambiental



Parte traseira das edificações



Organização: Cristiane Jucá Santana
 Fonte: Google Earth, 2010.
 Fotos: Cristiane Jucá Santana. 06/10/11



Saída da tubulação

Figura 29: Visualização da degradação na área da nascente.

5.1.3. Área de Lazer

No início do bairro Maré Mansa, à Rua Maria Godoy Canholi, encontra-se o parque linear dos bairros, a Praça Pública “Valmir Lúcio da Silva”. Como citado anteriormente é uma área verde com fins recreativos, porém não está com toda sua potencialidade utilizada. Contem muitos poucos artifícios de entretenimento como playground, quiosques, quadras de esporte, poucos bancos e principalmente, pouca arborização. Dentre os itens visualizados temos: playground (2 escorregador, 1 gira-gira, 2 balanços, 2 gangorras, 2 escalada), 1 quadra poliesportiva, 1 campo de futebol, 9 bancos, 3 quiosques, 7 postes de iluminação 1 banheiro com separação de masculino e feminino e uma quantidade ínfima de árvores com tamanho médio e a presença de um considerável número de mudas de árvores, como mostrado a Figura 30 algumas das instalações citadas.

A área encontra-se em bom estado de conservação e recentemente, em 05 de outubro de 2011, passou por reforma (pintura e substituição de brinquedos em mau estado), poda de galhos e corte de grama, tudo isso devido a área ser o destino de atividades lúdicas na data de 12 de outubro, em comemoração ao dia das crianças. Segundo uma entrevista informal realizada com o presidente do bairro, há a proposta de melhoria dessa área, como a retirada dos banheiros, que como dito por ele, é um espaço de vandalismo, e pensam também em colocar um alambrado no campo de futebol para que evite que a bola durante os jogos caia dentro da APP, que fica logo mais abaixo (Figura 30).

Praça Pública



Organização: Cristiane Jucá Santana
 Fonte: Google, 2010.
 Fotos: Marcelo Aoki. 15/11/11

Figura 30: Praça Pública para lazer.

6. PROPOSTAS PARA RECUPERAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

Como a área de intervenção inicialmente pensada não está em condições precárias para que necessite de uma drástica intervenção como a construção de áreas verdes em fundos de vale, e como diagnosticado os principais problemas, sendo eles o lixo nas bordas dos bairros, o parque público situado no bairro Maré Mansa e as construções irregulares na nascente que se inicia na divisa entre os referidos bairros, serão essas as áreas intervindas.

Na proposta de recuperação da nascente tentar-se-á implantar algumas das técnicas de bioengenharia descritas neste trabalho; para a área adjacente à APP será proposto a revitalização da área leste do bairro Maré Mansa de acordo com a atual legislação de resíduos sólidos e a lei municipal de descartes de resíduos, e; na praça pública, será proposto à otimização do parque já existente.

6.1.1. Área Adjacente à Área de Preservação Permanente

Esta é uma área que se estende por toda a faixa esquerda do bairro, fazendo limite com a área de preservação permanente. Em toda a sua extensão, há espaço suficiente para que fosse feito calçamento quando da inauguração do bairro em meados de 2000. Porém, este calçamento não foi concretizado pela Prefeitura.

Como a área está em situação de abandono na maior parte, pois não há calçamento, há disposição indevida de lixo e entulho e há pontos de processos erosivos. Dessa forma, aqui será apresentada uma proposta para a melhoria dessa área, que segue do seguinte formato:

- ***Limpeza da área:***

Ao longo dessa faixa, pode-se ver o descaso da própria população: visualiza-se lixo e entulho por todo seu alcance, por mais que a Prefeitura e a Promotoria de Justiça tenham colocado placas indicativas para que não se jogue lixo e entulhos. As Figura 31 e Figura 32 mostram as referidas placas e as áreas com a disposição desses resíduos.



Figura 31: Placas indicativas de restrição de que se jogue lixo e entulho indevidamente.
Fotos: Cristiane Jucá. 06/10/11



Figura 32: Lixo e entulho jogados indevidamente.
Fotos: Cristiane Jucá. 06/10/11

Para este ponto em questão, faz-se a seguinte consideração:

De acordo com a Lei Municipal de Presidente Prudente N° 72/1999, capítulo III, a Prefeitura estabelecerá os locais para que sejam alocados os entulhos. Para o presente bairro, não existe um local para disposição de entulho, então, temos a seguinte proposição:

- A Prefeitura de Presidente Prudente poderia implantar um ponto de coleta desses resíduos de construção civil, entulho, dentre outros resíduos gerados no bairro;
- Contratar terceiros (caçambeiros) para que recolham esse material, ou;
- O gerador levar o material em local destinado a tal finalidade (aterro de Presidente Prudente).

- Conscientização da população quanto ao correto descarte de seus resíduos.

Além de responsabilizar o gerador pelo seu resíduo, fazer valer a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei Federal N°12305, de 12 de agosto de 2010) que dispõe sobre seus princípios objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluída os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Esta lei tem ainda como um de seus princípios a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade.

- ***Readequação da faixa de calçamento:***

No final do ano de 2010, a população local, sob representação do presidente do bairro, solicitou à Empresa Junior GeoAmbiental Jr., que fosse feita uma proposta de criação de uma espécie de parque linear nessa faixa para que a população pudesse fazer exercícios físicos como corrida e caminhada e que também pudesse ser usada como área de lazer.

Este espaço não está adequadamente nivelado, para tanto é preciso fazer uma contenção dos taludes formados, para que o solo não ceda às forças de cisalhamento e prejudique o trabalho realizado, e nem carregue esse material para o leito fluvial.

Para o calçamento, é proposto por este trabalho o calçamento ecológico (Figura 33), já que a calçada ecológica consiste em evitar que sejam impermeabilizados os passeios públicos e privados, através da implantação de material permeável como os concregramas, entretravados e faixas de gramados ou jardins, juntamente com uma arborização adequada no calçamento que contribuirá para o sucesso da calçada ecológica.

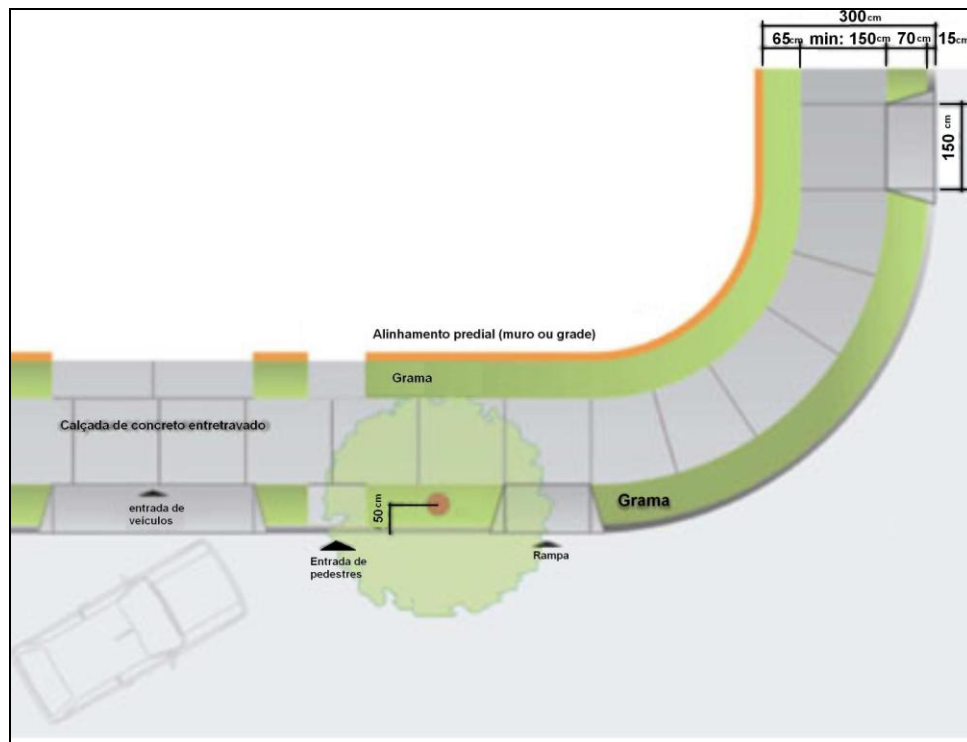


Figura 33: Dimensões ideais para um bom calçamento. Fonte: Londrina.pr.gov.br

Nas figuras 34 e 35 é apresentado um dos possíveis modelos de calçada ecológicas a serem utilizadas:



Figura 34: Situação do calçamento das Adjacências da APP.
Foto: Cristiane Jucá. 06/10/11.



Figura 35: Modelo de calçamento entrelaçado.
Fonte: Paviarte, 2008.

6.1.2. Recuperação da Nascente

De acordo com Calheiros *et.al.* (2004), nascente é o afloramento do lençol freático, que dará origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios). Em virtude de seu valor inestimável deve ser tratada com todo cuidado especial.

Toda intervenção em nascente, bem como em APP (o mesmo se aplica para rios, córregos e lagos) deve ser precedida de consulta e respectivo alvará por parte dos órgãos competentes de controle, orientação e fiscalização das atividades de uso e exploração dos recursos naturais. No Estado de São Paulo, por exemplo, essas atividades são exercidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

A recuperação da área degradada envolverá, primeiramente, a conversa com os moradores dos bairros de forma a descobrir a visão dessa comunidade sobre o problema. Essa ação buscará descobrir o relacionamento da população com a formação e crescimento dessa voçoroca, sendo importante, também, descobrir qual o sentimento dessa comunidade sobre o problema ambiental em questão. Essa etapa será importante para conseguir a ajuda dessas pessoas no processo de recuperação da área.

Com toda a comunidade local, propõe-se a organização de oficinas de capacitação sobre práticas de conservação do solo e adequação ambiental das propriedades, com o objetivo de sensibilizar os mesmos sobre a importância e os benefícios da adoção de práticas ambientalmente sustentáveis.

Serão contempladas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas reuniões constantes com a comunidade, de maneira a conscientizar a população do local sobre as medidas que serão ou estão sendo tomadas e, também, como uma forma de trazer a comunidade a participar e se importar com o problema em questão.

Como visto em campo, existe uma tubulação de drenagem de águas pluviais que deságua alguns metros à jusante da nascente que está causando processos erosivos no entorno de sua saída. Dessa forma, seria preciso que esta tubulação fosse readequada e redimensionada para que comportasse a real vazão de saída. Em seguida seria a contenção da erosão e a contenção do talude formado pelo aterramento dos quintais das residências irregulares, através das técnicas de bioengenharia, que será descrita a seguir:

1. Limpeza do local

O local encontra em seu interior uma quantidade significativa de resíduos, tais como sacolas plásticas, garrafas pet, restos de comida, papel, entre outros. Então, é preciso que primeiramente seja feita uma limpeza da área e alocação desse resíduo de forma apropriada no aterro do município.

2. Contenção da erosão na saída da tubulação de água:

O objetivo primordial de uma drenagem eficiente é efetuar um escoamento seguro para locais com estabilidade geotécnica, evitando assim a mobilização de partículas do solo em decorrência do escoamento superficial. Para tanto, as estruturas de drenagem devem apresentar as seguintes confiabilidade dos materiais utilizados; durabilidade dos materiais utilizados, facilidade de manutenção e segurança.

Uma drenagem ineficiente geralmente pode ocasionar: piping ou erosão tubular progressiva, que está ligada ao escoamento subsuperficial, e devido às diferenças de resistência entre as camadas de solo a água, quando encontra uma camada menos resistente, inicia o processo de escavação, dando origem, desta forma, as cavidades ou dutos no interior do solo; alagamento da área próxima aos drenos, trazendo como consequências entupimento do dreno, carreamento de solo superficial, redução da capacidade de suporte do solo (resistência ao cisalhamento).

Para sistemas de drenagem superficiais são utilizados de terraços, canaletas verdes e/ou, revestidas de concreto, dissipadores de energia e caixas dissipadoras, bacias de sedimentação; e para drenagens subterrâneas são utilizados cilindros drenantes. Um projeto adequado de filtros e drenos é essencial para a segurança e economia de todas as obras de engenharia civil ou outras obras que envolvam a proteção e estabilização do solo (COUTO et al., 2010).

Proposta: Escada hidráulica

De acordo com Couto et al. (2010) escadas hidráulicas são “dispositivos que possibilitam o escoamento das águas que se concentram em talvegues interceptados pela terraplanagem e que vertem sobre os taludes de corte e aterros” (p. 99). Nessas condições, para evitar os danos de erosão, torna-se necessária a sua canalização e condução através de

dispositivos, adequadamente construídos, de forma a promover a dissipação das velocidades e, com isto, desenvolver o escoamento em condições favoráveis até os pontos de deságue, previamente escolhidos (Figura 36). Nos taludes desse canal de saída, terá sua encosta suavizada e aplicar-se-á a técnica de solo envelopado, que será descrito os procedimentos a seguir.

Técnicas a serem aplicadas para a recuperação



Figura 36: Recuperação na saída da tubulação.

Proposta: Aplicação do solo envelopado verde

O local deverá ser preparado através de correções com maquinário, se necessário, e a biomanta antierosiva estendida, e no sopé colocar bermalonga para evitar a fuga de solo, aplicando solo em uma camada de 50 cm e fazer a compactação. Depois de compactado o solo, a biomanta deverá envolver todo o aterro, formando um envelope, sendo aplicadas estacas vivas de plantas entre uma camada e outra do envelopamento. Deve-se proceder ao semeio de espécies vegetais que desenvolverão no paramento externo do solo envelopado.

3. *Contenção de talude provindo do aterramento feito para as residências no Parque imperial*

A revitalização do curso d'água se inicia com o desassoreamento, até atingir o nível e a largura inicial. Após o desassoreamento iniciasse o processo de proteção das margens com retentores de sedimentos tipo bermalonga, o que permite obter grande proteção, até que ocorra a estabilização e a revegetação das margens, evitando novos assoreamentos e processos erosivos.

Após o desassoreamento será feita a contenção do talude com a aplicação da técnica de solo envelopado verde com estacas vivas. Primeiramente será aplicada uma camada de 50 cm e então compactado esse solo. Em seguida, será distendida a biomanta envolvendo todas as camadas formadas. E por fim, colocar estacas vivas entre uma camada e outra.



Figura 37: Proposição de aplicação da técnica de solo envelopado com estaqueamento às margens da nascente.

4. *Recomposição vegetal*

Após a recuperação da saída da tubulação pluvial e após a contenção do talude na margem direita da nascente, far-se-á a recomposição vegetal com espécies locais, tais como algumas das espécies apresentadas nos quadro a seguir, (o Quadro 3 apresenta as espécies pioneiras, o Quadro 4 apresenta as espécies secundárias e clímax) de acordo com a disponibilidade nos viveiros dos município de Presidente Prudente e Álvares Machado:

Quadro 3: Lista de espécies nativas para reflorestamento.

Espécies para clareira grande (Pioneiras)			
Local Seco		Local Úmido	
Amendoim do Campo	<i>Platypodium elegans</i>	Ipê do Brejo	<i>Tabebuia umbellata</i>
Canudo de pito	<i>Carpotroche brasiliensis</i>	Pinha do Brejo	<i>Talauma ovata</i>
Capinxigui:	<i>Croton floribundus</i>	Local Seco e/ou Úmido	
Guaruaia	<i>Peltophorum dubium</i>	Canafistula	<i>Cássia ferruginea</i>
Maçaramduba	<i>Persea pyrifolia</i>	Embaúva	<i>Cecropia pachystachya</i>
Mamica de porca	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Jenipapo	<i>Genipapo americana</i>
Pau d'álho	<i>Gallesia integrifolia</i>	Ingá	<i>Ingá uruguensis</i>
Sapuvinha	<i>Machaerium stipitatum</i>	Pau viola	<i>Cytharexylum myrianthum</i>
Ipê felpudo	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Figueira	<i>Ficus guaranítica</i>
Papagaio	<i>Aegiphila sellowiana</i>	Taiuva	<i>Maclura tinctoria</i>
Espeteiro	<i>Casearia gossypiosperma</i>	Caixeta	<i>Vochysia tucanorum</i>
Candiuba	<i>Trema micrantha</i>	Jacaratia	<i>Jacaratia spinosa</i>
Barbatimão	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Sangra d'água	<i>Cróton urucurana</i>
Bico de Pato	<i>Machaerium acutifolium</i>		
Candeia	<i>Gochnatia polymorpha</i>		
Café de bugre	<i>Cordia ecalyculata</i>		
Caroba	<i>Jacarandá cuspidifolia</i>		
Coração negro	<i>Poecilanthe parviflora</i>		
Angico preto	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>		

Fonte: Brochado et al. 2009.

Quadro 4: Lista de espécies nativas para reflorestamento – espécies secundárias e clímax.

Espécie para clareira pequena (Secundárias)		Espécies Clímax:	
Local Seco		Local Seco	
Canjerana	<i>Cabralea canjerana</i>	Canela batalha	<i>Cryptocarya oschersoniana</i>
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	Canelão amarelo	<i>Ocotea velutina</i>
Amendoim	<i>Pterogyne nitens</i>	Caviúna	<i>Machaerium scleroxylon</i>
Araticum	<i>Annona coriacea</i>	Guarantã	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>
Garapa	<i>Apeluaia leiocarpa</i>	Guatambu	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>
Ipê roxo	<i>Tabebuia avellanadae</i>	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>
Jequitibá	<i>Cariniana estrellensis</i>	Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i>
Mandiocão	<i>Midymopanax morototonii</i>	Piuna	<i>Tabebuia impetiginosa</i>
Paineira	<i>Chorisia speciosa</i>	Alecrim	<i>Holocalyx balansae</i>
Pau marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Chupa ferro	<i>Metrodorea nigra</i>
Jequitibá vermelho	<i>Cariniana legalis</i>	Pitanga	<i>Eugenia inuflora</i>
Tapiaeiro	<i>Alchornea triplinervia</i>	Uvaia	<i>Eugenia pyriformis</i>
Guarita	<i>Astronium graveolens</i>	Cambuí	<i>Schinus terebinthifolius</i>
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Guaraiuva	<i>Securinega guaraiuva</i>
Peroba poça	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Local Úmido:	
Peroba rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Cabreuva	<i>Myrocarpus frondosus</i>
Açoita cavalo	<i>Leuhea candicans</i>		
Canela de cotia	<i>Esenbeckia grandiflora</i>		
Marinheiro	<i>Guarea guidonea</i>		
Unha de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>		
Olho de Cabra	<i>Ormosia arborea</i>		
Grão de galo	<i>Pouteria torta</i>		
Jangada	<i>Alchornea triplinervia</i>		
Louro pardo	<i>Cordia trichotoma</i>		
Pindaíba	<i>Xylopia brasiliensis</i>		
Saguaraji	<i>Colubrina glandulosa</i>		
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>		
Guabiroba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>		

Fonte: Brochado et al. 2009.

O modo de plantio a seguir, é de acordo com o “Projeto de Recuperação Florestal Balneário da Amizade” realizado pela Divisão de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente, da Prefeitura Municipal de Álvares Machado, no ano de 2009, tendo como responsável técnico Engº. Agrº. José Magrini Brochado.

O plantio das mudas se dará depois de feita a demarcação da APP e sua delimitação com cercamento, sendo então conduzido modularmente, na medida em que se conclua a

respectiva cerca, permitindo o melhor aproveitamento da mão-de-obra disponível. Este modo de condução permite também a otimização dos veículos que serão utilizados para o transporte.

Depois de feito o cercamento, serão abertas as covas e se preciso, fazer a calagem das mesmas, com calcário dolomítico, que será distribuído homogeneamente sobre o solo em quantidades estabelecidas a partir da análise do solo e que será dosada nas covas, sendo que é necessário a aplicação com no mínimo 45 dias antes do plantio.

Então, será feita a adubação e aplicação de fertilizantes em quantidades estabelecidas a partir da análise de solo, após os 45 dias da aplicação do calcário, e com o solo razoavelmente úmido.

O combate à formiga deverá ser feito mensalmente no primeiro ano, a cada dois meses no segundo ano e anualmente nos demais anos. O primeiro passo será a localização e a classificação dos formigueiros. Definido o módulo a ser iniciado, o combate deverá ser iniciado antes do início do plantio.

Posteriormente a todos os devidos cuidados, fazer o plantio das mudas de acordo com a Figura 38 Espaçamento 2x3m.

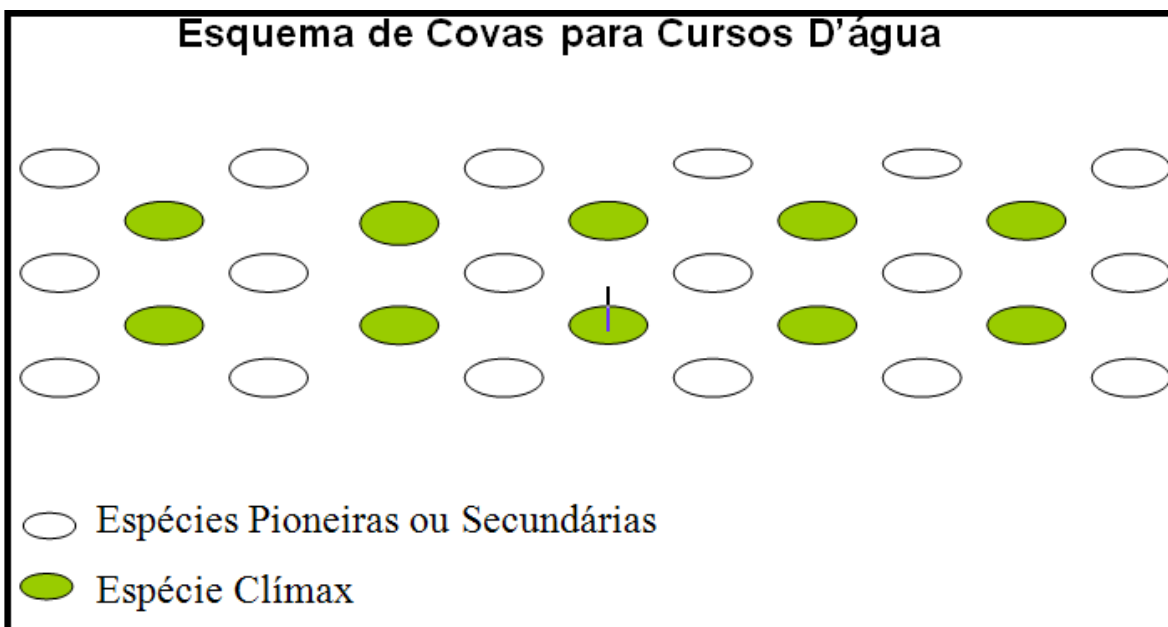


Figura 38: Esquema de covas para cursos d'água. Fonte: Viveiro de mudas de Primavera, 2010.

5. Fiscalização da área

Para se ter um efeito positivo do trabalho realizado, é necessário o acompanhamento de um responsável técnico que emita relatórios de avaliação mensal da área recuperada.

6.1.3. Parque Linear

A proposta foi elaborada com base em entrevista com os moradores do bairro e com isso, pretende-se que o parque seja um local de grande atratividade, capaz de acumular múltiplas funções, como a de atividade física, a de recreação, a de lazer e a de turismo, objetivando melhoria da qualidade de vida, integração físico-social das comunidades adjacentes, preservação ambiental, desenvolvimento sustentável, sensibilização e conscientização ambiental e cívica, priorizando a vegetação nativa, valorização da paisagem urbana e gestão de excelência. Mediante estes fatos, tem-se a seguinte proposição de otimização dessa área já existente:

- Implantação de mais brinquedos: a área possui 2 escorregadores, 2 gira-giras, 2 balanços, 2 gangorra, 2 escaladas. Construir mais uma unidade de cada brinquedo.
- Academia da terceira idade: a academia instalada no bairro se encontra em frente à escola municipal Rosana Negrão. Devido a trâmites burocráticos não foi possível que a mesma fosse alocada dentro deste parque. Porém, pensar na possibilidade da construção de uma nova para o interior da área.
- Implantação de lixeiras: em toda a sua extensão não há a presença de lixeiras. Colocar uma lixeira a cada 5 metros ao longo da via de passeio.
- Construção de um palco ao ar livre (Figura 39): a fim de haver um local onde possam ser realizadas apresentações artísticas ao ar livre.



Figura 39: Área para apresentações ao ar livre.

Fonte: GEESP/DIPLU/SUPLAN, 2008.

- Plantio de mudas: como há poucas árvores em toda a área, plantar o mínimo necessário para que haja um sombreamento para essa área verde, um plantio de 5x5 metros.

- Via de caminhada, como o calçamento ecológico: aumentar a área de caminhada, para que a população tenha um ambiente para exercícios físicos. Colocar ao longo desta via placas indicativas da distancia percorrida.
- Melhorar a iluminação (Figura 40): colocar mais postes de iluminação a fim de viabilizar a utilização do parque no período noturno e com segurança.



Figura 40: Exemplo de iluminação noturna.

Fonte: GEESP/DIPLU/SUPLAN, 2008.

- Construir mais bancos;
- Quadras esportivas: Realocar estas quadras para uma área na parte superior do terreno, a fim de evitar que a bola do jogo caia para dentro da APP e ponha em risco a conservação da mesma.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preservação de espaços verdes urbanos trás uma serie de benefícios à sociedade e ao meio ambiente, uma vez que tem grande importância na manutenção ambiental, na melhora do micro clima local e a proteção dos recursos hídricos.

Um ambiente debilitado e com ação constante de degradação demorará a conseguir voltar ao seu estado natural sem que haja intervenção técnica. Assim, a melhor intervenção é que menor impacto causará, ou seja, a técnica de bioengenharia para recuperação de nascentes, corpos d'água, contenção de taludes e outros ambientes debilitados, ajuda de forma considerável a recuperação do meio em um espaço de tempo muito inferior. Isso em vista que a aplicação desta tecnologia o ambiente absorve de forma mais rápida a alteração sofrida e se recupera do dano causado.

A revisão teórica a respeito das intervenções possíveis em fundos de vale com a gestão de parques lineares possibilitou apontar algumas diretrizes gerais de planejamento, projeto e gestão de um parque público já existente, como no episódio do estudo de caso no bairro Maré Mansa.

Medidas de conscientização e educação ambiental, incentivados por políticas publicas precisam fazer parte do processo de recuperação da nascente, da área de passeio e da área verde como parque publico.

Outra diretriz que deve ser observada na implantação dessas áreas verdes é a importância da visão sistêmica de todos os processos, tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, primando ainda pela recuperação e conservação ambiental e sempre ter a participação da população em todas as etapas de planejamento e recuperação.

Espera-se que com as propostas apresentadas para recuperação da nascente, revitalização das adjacências da ala esquerda do bairro e a otimização do parque público existente auxiliem uma futura intervenção na área, de forma a minimizar os impactos frutos da ação antrópica, acarretando ainda uma melhora na paisagem e na qualidade de vida da população local.

8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. B.; FERREIRA, O. M.; **Calçadas ecológicas: construção e benefícios sócio-ambientais.** Goiânia, junho de 2008. Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/CAL%C3%87ADAS%20ECOL%C3%93GICAS.pdf>. Acessado em outubro de 2011.
- AMORIM, D.G; [et al.]; **Plano de Gerenciamento Integrado da Bacia Hidrográfica do Alto Limoeiro.** Monografia elaborada na disciplina de gerenciamento de recursos hídricos, FCT/UNESP, 2008).
- ARAUJO, S. M. V. G.; **As áreas de Preservação Permanente e a Questão Urbana,** Consultoria Legislativa da Área XI. Câmara dos Deputados. Agosto de 2002.
- ARAUJO, G. H. D.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T.; **Gestão ambiental de áreas degradadas,** 4ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 320p.
- BARBOSA, L. C.; **Potencialidades dos Parques Lineares na Recuperação de Fundo de Vale.** Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Maringá – PR. 2010. 150p.
- BRAIDO, L. M. H.; **Caracterização edafoclimática e proposta para a determinação do risco de redução de safra na região do Pontal do Paranapanema – SP.** Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente: [s.n], 2010. 125p.:il.
- BRASIL: **Lei Federal Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965** – Institui o Novo Código Florestal
- BRASIL: **Lei Federal Nº 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979** – Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providencias.
- BRASIL: **Lei Federal Nº 6938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981** - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL: **Lei Federal Nº 7.803, DE 18 DE JULHO DE 1989** - Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986.

BRASIL: **Lei Federal Nº 9.785, DE 29 DE JANEIRO DE 1999** - Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano).

BRASIL: **Lei Federal Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL: **RESOLUÇÃO CONAMA 302/02** - Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

BRASIL: **RESOLUÇÃO CONAMA 303/02** - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

BRASIL: **RESOLUÇÃO CONAMA 369/06** - Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP.

BROCHADO, J. M. [et al.]; **Projeto de Recuperação Florestal Balneário da Amizade; FEHIDRO**. Prefeitura Municipal de Álvares Machado. 2009.

COUTO, L. [et al.]; **Técnicas de Bioengenharia para Revegetação de Taludes no Brasil**. Viçosa, MG: CBCN, 2010. 118p. Disponível em <http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_tecnicas_brasil_853272915.pdf>. Acessado em Abril de 2011.

COSMOS, Engenharia e Planejamento. **PRAD: Plano de Recuperação de Áreas Degradadas como Condicionante da Implantação do Hospital do Subúrbio – Salvador, Bahia**. 2009. Disponível em http://www1.saude.ba.gov.br/hospitaldosuburbio/docs/PRAD_COSMOS_FINAL_V1.pdf. Acessado em Outubro de 2011.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de cursos de Água**. Porto Alegre: EST Edições, 2005.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. **Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais**. In: Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E. de; Moraes, L.F.D. de; Engel, V.L. & Gandara, F. B. (orgs.); Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003. p.3-26.

FELICIO, B. C.; **Evolução Temporal da Legislação Ambiental e Urbanísticas das Áreas de Preservação Permanente – APPs**. Disponível em: <http://www.ibdu.org.br/imagens/EVOLUcaOTEMPORALDALEGISLacaOAMBIENTALEURBANISTICA.pdf>. Acessado em abril de 2011.

FRIEDRICH, D.; **O Parque Linear como Instrumento de Planejamento e Gestão das Áreas de Fundo de Vale Urbanas**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007. 273p.

FUSHIMI, M.; **Mapeamento Geomorfológico do Município de Presidente Prudente – SP**. IX Semana de Geografia e IV Encontro de Estudantes de Licenciatura em Geografia. UNESP - Presidente Prudente, 11 a 15 de Agosto de 2008. Trabalhos. Disponível em: <http://www4.fct.unesp.br/cursos/geografia/CDROM_IXSG/trabalhos.html>. Acessado em maio de 2011.

KAHALE, M.; RAFAEL, S.; RODRIGUES, W. **O fenômeno da aglomeração urbana de Álvares Machado e Presidente Prudente-SP**. Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia / Unesp, (Trabalho de graduação). 1996.

LEAL, A.C. **Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo**. Campinas, 2000. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Administração e Política de Recursos Minerais) – Inst. de Geociências – UNICAMP, 299p.

LIMA, A. M. L. P. et al.; **Problemas de Utilização na Conceituação de Termos como Espaços Livres, Áreas Verdes e Correlatos**. Anais. II Congresso Brasileiro de Arborização Urbana. São Luís/MA, 18 a 24 de setembro de 1994, pp. 539-553.

MARTINS, S. V.; **Recuperação de Áreas Degradadas: Ações em Áreas de Preservação Permanente, Voçorocas, Taludes Rodoviários e de Mineração**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009.

MARTINS, R. P., SOUSA, S. P.; **A Ocupação Ilegal Das APPs (Áreas De Preservação Permanentes) Urbanas Em Caldas Novas-GO**, XI EREGEO. Disponível em: www.eregeo.agbjatai.org/anais/textos/9.pdf. Acessado em Abril de 2011.

MACHADO, P. A. L.; **Direito Ambiental Brasileiro**, 18ª edição. São Paulo: Malheiros Editores, 2010. Título IX, Cap. II, pág. 776 a 796.

MAZZEI, K.; COLESTANTI, M. T. M.; SANTOS, D. G.; **Áreas Verdes Urbanas, Espaços Livres Para o Lazer**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, **19** (1): 33-43, jun. 2007.

MEDEIROS, I. H.; MAGALHÃES JÚNIOR, **Resignificação de Rios Urbanos em Grandes Metrópoles: Limites entre o Ideal e o Possível**. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2009. Disponível em http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos_expandidos/eixo3/017.pdf. Acessado em Agosto de 2011.

MIYAZAKI, V. K.; WHITACKER, A. M.; **O processo de aglomeração urbana: um estudo sobre Presidente Prudente e Álvares Machado no Estado de São Paulo, Brasil**. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2005, vol. IX, núm. 194 (110). <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-194-110.htm>> [ISSN: 1138-9788]. Acessado em Outubro de 2011.

MORERO, A. M. et al.; **Planejamento Ambiental de Áreas Verdes: Estudo de Caso em Campinas–SP**. Revista Instituto Florestal, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 19-30, jun. 2007.

NUNES, J. O. R. FREIRE, R. PERES, I. U. **Mapa geomorfológico do perímetro urbano da cidade de Presidente Prudente**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology, Goiânia, 2006. Anais...CDROM.

PIROLI, E. L.; CAMPOS, S.; **Análise do Uso da Terra por Classes de Declividade em Microbacia Hidrográfica usando Geoprocessamento**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Vol. 3, Nº 1, (p. 43-53). 2010.

PIOLLI, A. L.; CELESTINI, R. M.; MAGON, R.; **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas: plantando a semente de um mundo melhor**. PLANETA ÁGUA – Associação de

Defesa do Meio Ambiente. Serra Negra – SP. Outubro de 2004. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/EA/projetos/Apostila_Degrad.pdf> acessado em Agosto de 2011.

PRESIDENTE PRUDENTE. Lei nº 72/1999 – Disciplina a limpeza nos imóveis, o fechamento de terrenos não edificados, a construção de passeios, a remoção de entulhos e a disposição de lixo no município e dá outras providências.

ROSSI, A.; MARCHETTI, E. ; VIANA, S. M.; PIERETTI, J. H.; GAIA, T. C.; ALVES-FALCOSKI, J. T. **Considerações acerca dos Parques Lineares Urbanos Brasileiros em Relação aos Corpos de Água a partir de um Estudo de caso em São Carlos, Brasil.** In: VI Congresso de Meio Ambiente da Associação de Universidades Grupo de Montevideu AUGM, 2009, São Carlos. Anais de Eventos da 8ª Jornada Científica UFSCar, 2009. V. 5.

RUTKOWSKI, E. W.; **Desenhando a Bacia Ambiental – Subsídios para o Planejamento das Águas Doces Metropolitan(izad)as.** São Paulo, SP, 1999, 160p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP.

SANCHEZ, L. H.; **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais.** São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2001. 254 p.

SARTI, A. C.; Reflexões conceituais para a delimitação de um parque urbano para Rio Claro (SP). **Holos Environment.** 2002. Disponível em: <www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/.../1085> Acessado em agosto de 2011.

SARAIVA, M. G.; **O Rio como Paisagem – Gestão de Corredores Fluviais no Quadro do Ordenamento do Território.** Ed. Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para Ciência e Tecnologia. Lisboa/ Portugal, 1999.

SILVA, L. A.; **As Áreas de Preservação Permanente (APP's) dos Corpos d água Urbanos: um Espaço Híbrido;** V ENANPPAS, 4-7 out 2010. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/gt12.html>. Acessado em abril de 2011.

SILVA, J. A. **Gestão de Recursos Hídricos e Sistemas de Informações Geográficas: Contribuições Para a Organização Sócio-Espacial do Pontal do Paranapanema-SP.** Tese. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2006.

SILVA, E. A. [et. al].; **Histórico do Balneário da Amizade nos Municípios de Álvares Machado – Presidente Prudente e seus Projetos de Recuperação.** Monografia elaborada na disciplina de gerenciamento de recursos hídricos, FCT/UNESP, 2009.

SILVEIRA, A. L. L.; Hidrologia Urbana no Brasil. Inc. TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. (orgs.) **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, v.1, 2000.

SOARES, F. B.; **Planejamento Ambiental da Bacia do Balneário da Amizade nos Municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente – São Paulo.** 2011. (Relatório Fapesp).

SOUZA, D. P.; KOBİYAMA, M.; Ecoengenharia em Zona Ripária: Renaturalização de Rios e Recuperação da Vegetação Ripária. **I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias – Alfredo Wagner/SC-22/09/2003. Pág. 121 a 131**

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas.** Estudos avançados (USP), v.22, n. 63. São Paulo, 2008.

BIBLIOGRAFIA

CAVALHEIRO, A. L.; TOREZAN J. M. D.; FADELLI, L. 2002. **Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas**. Em M. E. Medri, E. Bianchini, O. A. Shibatta, e J. A. Pimenta, editores. A bacia do rio Tibagi. Londrina, PR.

DIBIESO, E. P. **Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2006

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=35&dados=1>. Acessado em outubro de 2011.

GRAY, D. H.; SOTIR, R.B.; **Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Pratical Guide For Erosion Control**. Nova York: Wiley Interscience, 1996.

PRESIDENTE PRUDENTE. Lei Complementar nº 151/2008 (dispõe sobre o Plano diretor da cidade de Presidente Prudente. Disponível em <<http://www.presidenteprudente.sp.gov.br>>, acesso em setembro de 2011.

SOUZA, M. L. de.; **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2002.

Sites acessados:

http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/areas_de_preservacao_permanente_e_areas_de_re_serva_legal.pdf (Acessado em 18/07/2011).

<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.16.17/doc/T48.pdf> (Acessado em 21/07/2011)

<http://www.jurisambiente.com.br/ambiente/areadepreservacaol.shtm> (Acessado em 18/07/2011)

<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18> (Acessado em 19/07/2011).

<http://pref-p-prudente.jusbrasil.com.br/politica/7299983/prefeitura-ira-inaugurar-nesta-sexta-feira-obras-de-recuperacao-do-balneario-da-amizade>

PRESIDENTE PRUDENTE. Câmara Municipal de Presidente Prudente. Disponível em <<http://www.camarapresidente.sp.gov.br/noticias-ler.asp?codigo=2097>>, acessado em Setembro de 2011.

PRESIDENTE PRUDENTE. Projeto de Revitalização do Balneário da Amizade. Disponível em <<http://www.presidenteprudente.sp.gov.br>>, acesso em Setembro de 2011.

ÁLVARES MACHADO. Projeto de Revitalização do Balneário da Amizade. Arquivos Prefeitura. 2009.

MMA 2010. Metodologia para recuperação de APPs. Acesso em: 23-09-2011. <www.mma.gov.br/port/conama/noticias>.

SMA – Secretaria do Meio Ambiente. 2004. **Recuperação florestal: da muda a floresta**. Secretaria do Meio Ambiente. Fundação para conservação e a produção florestal do Estado de São Paulo.

SMA. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Projeto de Recuperação de Matas Ciliares – Nota Conceitual. São Paulo: SMA, maio/2004 (mimeo).

<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/Recuperacao-de-reas-Degradadas/5>