



# 香根草通讯

Vetiver Newsletter

第 16 卷 第 1 期

2012 年 3 月

## 在巴西应用香根草控制海岸侵蚀和美观景观

Luiz Lucena\*, Paula L. Pereira\*\* and Debora T. Assis\*\*\*

\*土木工程师, Belo Horizonte, 巴西米纳斯吉拉斯州

e-mail: [lucena@deflor.com.br](mailto:lucena@deflor.com.br)

\*\*建筑师和土木工程师, Belo Horizonte, 巴西米纳斯吉拉斯州

e-mail: [paula@deflor.com.br](mailto:paula@deflor.com.br)

\*\*\*林业工程师, Belo Horizonte, 巴西米纳斯吉拉斯州

e-mail: [debora@deflor.com.br](mailto:debora@deflor.com.br)

**摘要** 为了实施 Riviera de São Lourenço 住宅发展项目（该项目位于圣保罗州北部海岸的 Bertioga，包含 11000 住宅单元），人们清除了原有的称之为“军都”的天然植被，为了完成任务不得已而为之。在成立了共同管辖机构以后，景观美化主要应用海滨雀稗草和椰子树，由于在景观美化过程中未能根据自然条件建立起确保土壤稳固的环境，海岸遭受了暴风雨和海浪的侵蚀。为了恢复遭到影响的坡地，环境部门授权采用有机物质，如树桩、原木、根系、生物可降解的侵蚀控制毯，土层（有机层和来自“军都”带的沙土层）。海边（环境）恢复项目采用了生物工程技术，应用了香根草篱，沉积物滞留器（编织品）、原木和生物降解侵蚀控制毯。

**关键词：** 军都，海边侵蚀，海边景观美化，香根草

### 1 概述

雷斯廷加（Restinga，一种阔叶树\*）和沙丘覆盖了巴西海岸 70% 的面积。在南部和东南部多为草本、灌丛和树木。不同树种的树木的高度为 4-20m，由扭曲的树干、枝条和稀疏而不成形的树冠构成，十分脆弱，易遭破坏。乡土植物“军都”（Jundu）的特点是在雷斯廷加与大海之间形成一个条带，由低矮、扭曲的树木构成，夹杂一些灌木和草本植物。

早在在 1977 年，贝尔提亚海边平原完全由植被覆盖，滩脊上可见不同条带。天然种植军都让路于街道和建筑。很多清除了植被的土地裸露很长时间，等待房地产升值。

该地区建设始于 1979 年，目前已经有 220 多栋建筑，2500 住宅（含 11000 住宅单元）。并有商场、学校、高尔夫球场等。在海滩上连绵 4.5km。另外还有 3km 长的海滩有待建设。

这一共同管辖区的建设内容也包括环境保护，拟定了利用和拥有土地的严格条款。为了满足卫生基础实施的需求，实施了收集、处理、分配水的系统以及污水的抽吸与处理。并有综合固体垃圾处理计划。设立了应用于环境控制的，拥有先进设备的实验室，对水质测定（包括海水、淡水、监测污水和排水管道）。绿色地区规划为 260 万 m<sup>2</sup> 用于保护，相当于 263 个足球场。此外，为了保护该地区植物物种，建立了乡土植物苗圃，面积超过 20000m<sup>2</sup>，生产种植材料，应用于管辖区及周边地区的退化地植被恢复。

尽管在环境方面十分重视，但开发项目依然造成了森林破坏，导致（不良）后果，尤其是对海滨湿地。该项目所有应用于景观的基础植物是海滨雀稗草（*Paspalum maritimum*），也称“甜草”，以及棕榈树，棕榈树不能抵御海潮和海浪的侵袭，使得景观边缘地区遭到侵蚀和破坏。

在本文中，采用土壤生物工程技术，带来了一个持续的、低花费的、很有效的控制侵蚀进程的解决方法。同时，结果展示了在都市海滨地区恢复（生态）的可能性以及保护海边地区以利将来都市规划和持续发展的好处。这样，海滨地区的保护对于都市排水和近海水质也起着重要作用。

本研究旨在 **圣洛伦索海边的** Bertioga-SP 的边上通过采用最现代的土壤生物工程技术建立环境恢复示范，直接的固定海边边坡，最终恢复和保护共同管辖地区的景观。

### 2 RIVIERA DE SAO LOURENCO 案例研究

\*雷斯廷加（Restinga）是巴西热带、亚热带海边地区一种独特的湿润阔叶树，生长在沙土、酸性、贫瘠的土壤上，为中等大小的乔木和灌木，适应于干旱贫瘠条件。

## 2.1 项目所在地的特点与植被

试验设在 Bertioga-SP 北部，为一共同管辖区称之为 Riviera de Sao Lourenco 的地方，地理上在南纬 23° 47' 到 23° 48'，西经 46° 0' 到 46° 2' W。在气候上，根据 Köppen 的分类属于热带，年平均气温在 18°C 以上，平均年降雨量为 1600-2000mm，无旱季，夏季十分潮湿 (Rossi, 1999)。据巴西技术研究所 (1989) 资料 Bertioga 的最高降雨量达 2700mm。

地形为海边小平原，罕见更新世海成阶地。河流系统为横向，与海岸线平行。海岸线位附属于小型全新世形成的泻湖。

植被仅仅分布于少数没有侵蚀的海滩。在海滩沙丘的表面有小面积的阔叶树雷斯廷加，伴有古生太泻湖上的一些植物。“雷斯廷加”沿海岸形成窄的条带 (Souza et al., 1997)。

在雷斯廷加和大海之间有一下低矮、扭曲树木，夹杂着灌木和草本植物条带称之为“军都”。

在陆地上，为沙土，高度淋洗而贫瘠。形成的植被十分脆弱，易遭破坏，使得保护普遍的依赖于植物群落中的内在机制，如菌根、硬（厚）叶植物、和常绿植物的存在 (Araújo & Lacerda 1987, Moraes et al. 1999)。

含盐沼泽植物的变化（表现的所研究的不同的植被类型）与该生态系统中非生物因子的变化密切相关，如土壤下层的类型（沙土、有机质）、营养状况、含盐量、地下水位、是否接近于海边或红树林、水分状况等有关 (Henriques et al. 1986; Britez & SILVA 2005)。

## 2.2 都市化项目

“Riviera de Sao Lourenco”是一个复合名称，指巴西圣保罗州 (Sao Paulo) 的柏特加 (Bertioga) 北部海岸。首座建筑始于 1979 年，并建设街道、步行街，安装地标，混凝土排水管道，排水沟，建立乡土植物苗圃，进行集水和供水研究。这时道路尚未建好，车辆和机械设备只能由渡船运入，使得工程进展缓慢。

1982 年，Mogi-Bertioga 路举行落成典礼，加速了工程进度。Rio de Janeiro - Santos 公路于 1985 年建成。In 1982 年建设了 20 英里的街道配有人行道。首座水处理工厂（每小时处理 20000 升）已经在建。景观系统也在建设中，从 Bahia 州引进了 8000 株椰子树苗在苗圃中加以培育。

现在，Riviera 有 50% 的地方已经被 2500 多房屋占据，它们已经建成或正在建设中。有 220 栋建筑在 6-10 层之间。其他还有商场、学校、卫生等等机构。在建设初期进行了植被的清理，在公园里将所有有机物质和原木分别储藏起来，供将来应用于公园和景观美化。

## 2.3 最初的控制侵蚀措施

关于侵蚀，坡度控制在 1:3 (纵向：横向) 以内，为“甜草”雀稗 (*Paspalum maritimum*) 覆盖。这是一种抵抗力强，容易生长的乡土草本植物。在巴西海岸十分常见，用于控制土壤侵蚀。然而，这种方法并不能有效地保护土壤，维护稳定性。在从 1995 到 1997 的暴雨年份，“甜草”因根系不深，不能在高海浪时保护土壤，使得由“军都”形成的堤防遭到破坏 (图 1)。有的椰子树倒伏。造成严重侵蚀。



图1：海边遭受暴风雨和海浪的侵蚀

最初在 2008 年解决的方法是用酒椰叶纤维制的袋子构建防冲堤，里面装上水泥 (12%) 和土壤 (88%) 的混合物，土壤来自清理植被阶段。将土袋堆成金字塔状，蒙上土工网 (由高密度的聚乙烯挤压成的塑料掩蔽



物), 尽量减少波浪冲击, 将从新栽植被处冲入水中沙子沉积下来, 从而形成一个增强了的“毯子”和均一的表面, 达到稳定性 (图 2)。



图 2 用沙袋抵御海潮侵蚀: 最初的控制侵蚀措施

虽然这能起到一定作用, 但水平低, 不方便, 不能达到共同管辖机构要求达到巴西第一海边都市化地区景观美化的要求。最终, 通过各有关单位, 包括要求将该地区建成最为环境友好型项目的环境部门的协调, 希望对海边保护和景观美化新概念进行研究。

在 2008 年底和 2009 年初, “盖亚 (Gaia) 环境咨询” 设计了用于保护的新概念, 在技术上得到了“底费罗生物工程”的支持。开始时建立斜坡 (1:3), 对土壤敲击加固, 采用沉积物滞留器 确保土壤稳固, 水能渗透流入大洋, 香根草用于分散能量 (图 3)。

#### 2.4 利用香根草美化环境和控制侵蚀新设计

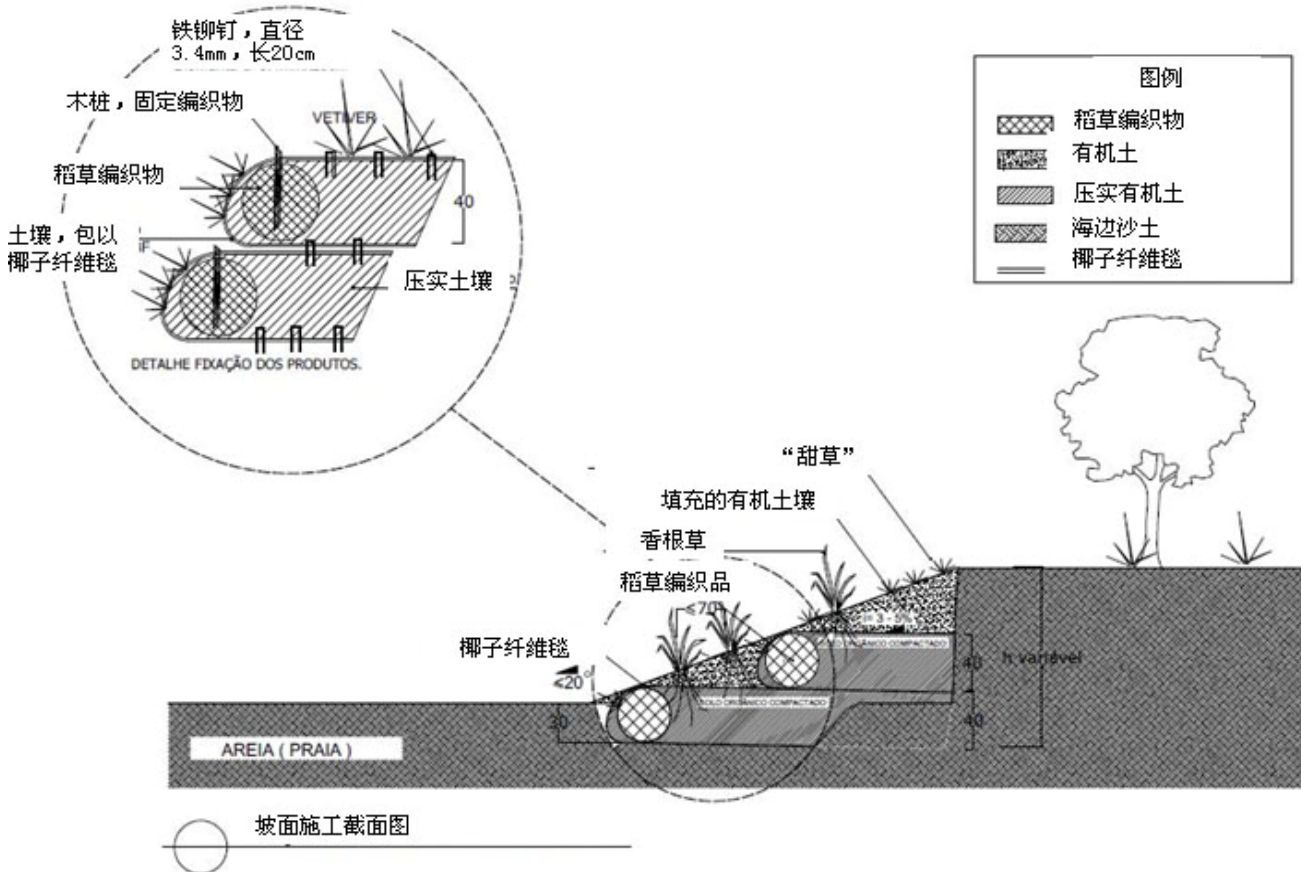


图3 项目设计 (来源: Deflor Bioengineering / Paula Pereira)

考虑到在不久的将来可能海平面上升, 设计者决定添加一些木栅栏将沙土与景观美化地区分隔开来, 以增加结构的安全性。木栅栏采用了在都市化项目进展中存储的部分木头。斜坡也综合进了在项目进行中存储起来的生物质, 根据巴西环境条例是不能烧掉这些东西的 (图 4)。



**图4：**安置沉积物滞留器和椰子纤维侵蚀控制毯（左），最终的项目实施：木栅栏，侵蚀控制毯和香根草篱（右上），沉积物滞留器（右下）

2009年6月23日新项目建设开始。该项目分成两个部分：从2009年6月23日到2009年7月30日；在本期末，政府部门停止了对土壤的施工，使得第二阶段推迟了一些，从2009年12月到2010年2月。

项目建设使用了以下材料：

- 30 cm 直径沉积物滞留器（表1，图4左）。
- 50 cm 直径沉积物滞留器。
- 400 g 椰子纤维侵蚀控制毯。
- 20 cm 聚丙烯桩应用于安装控制毯。
- 香根草草苗。
- 来自树木砍伐时留下的树枝、根系和其他生物质。
- 树木砍伐时留下的表土和沙土。

建设程序：

- 沿共同管辖区花园边缘海边上沙土上挖一30cm深、3m宽的水平沟。
- 应用平均直径约30cm、长60cm的原木建木栅栏以固定坡脚。
- 在沟底上，木栅栏后方安置非纺织土工布。
- 在木栅栏后、土工布上安置50cm直径沉积物滞留器以保护坡脚。
- 填上表土和生物质，构建坡面。
- 在边坡顶安置30cm直径沉积物滞留器以保护坡顶。
- 安置椰子纤维侵蚀控制毯，每平方米应用4个聚丙烯桩。
- 在坡顶和坡脚方便种植香根草篱（每米7株）。再在两行之间种上3行香根草篱，间距1.5m（图4右，图5）。

在项目的第一阶段（由Riviera de Sao Lourenco 友好协会主持）是采用重型机械进行场地准备，挖沟，建木栅栏，沉放有机物质。

**表1 沉积物滞留器参数（来源Deflor Bioengineering）**

直径 (cm)	重量 (kg)	平均抗性				体积 (l/m)
		抗拉强度		压缩 (kgf/m)	拉长 (mm)	
		纵向	横向			
30	7	250	120	3.200	130	70
50	20	660	320	8.550	335	200





图5：木栅栏，土工布和香根草



图6 刚刚开始生长的香根草

## 2.5 系统维护

能够生物降解的侵蚀控制毯和枝条是临时产物，用作盾牌保护地表，使得香根草和乡土植物有时间形成植被。这些能够降解的材料并不是被取代，而是融入微环境链，形成胶粒改善土壤质地，构成额外的养分来源，促进植物生长。

香根草的维护十分简单，花费低廉，只需在栽培季节补充一些草苗（香根草的死亡率几乎为零（图6）。一旦某些香根草篱遭受强潮汐或海浪侵袭会弯曲，只要在接近地面处割下，以利再生。

## 3 结果

在通过使用乡土植物，后来又采用土壤和水泥防冲堤试图减轻海边侵蚀失败以后，香根的种植加上沉积物滞留器、能够生物降解的侵蚀控制毯是在强海浪高潮汐时一种控制侵蚀、防止景观搅动、花费低而有效地技术。强壮而深扎的香根草根使得它能在海边沙土上安家。

香根草也已经证实能耐长期盐分。在这个意义上说，需要做进一步的研究，以验证是否香根草快速生长的根系能捕获从陆地上来的含低盐分的水分。

现在，在恢复项目首期实施两年后，已经出现了草本乡土植物群落以及真菌，它显示了该地区的恢复进程的质量以及土壤的生物多样性和稳定性（图8）



图7：恢复质量指示：真菌及一些军都乡土植物



图8 强海潮袭击后的香根草篱，未见土壤侵蚀

巴西海边最高海潮袭击多发生在八、九月份。在2009年9月，遭到一些海浪袭击，当时项目第一部分仅仅实施了45天。结果是香根草倒伏了，但后来未经任何维护又自己恢复了（图8）。

生物工程技术并不影响当地景观设计，却控制了侵蚀（图9）。种植的棕榈树易倒伏，不牢固，现在被安全体系所保护。



图9：香根草已经完全融入了景观

#### 4 结论

在都市海边地区的试验是一个成功的模式。本报告为将来海边“军都”带地区的开发以及为在类似环境条件下生物多样性的恢复提供了见闻广博的指南。军都带曾经用作景观的一部分和可能的休闲地方，导致了持续发展，减少了搅动，保持了当地的生物多样性和生物链。

与传统的工程技术相比，本项目所应用的生物工程技术则更为有效，确保了当地景观的有效性和稳定性，从而为在高海潮时海边地区的保护展示了有效的选择，防止了与海平面上升有关的损坏。

参考文献（省略）